inforespace

ufologie
phénomènes
spatiaux

revue n° 97

décembre 1998, 27e année

SERVICE LIBRAIRIE DE LA SOBEPS

Nous vous rappelons que les ouvrages suivants sont en vente à la SOBEPS où vous pouvez les obtenir en versant le montant de la commande au C.C.P. n° 000-0316209-86 de la SOBEPS, avenue Paul Janson 74 - 1070 Bruxelles, ou au compte bancaire n° 210-0222255-80 de la Société Générale de Banque. Pour la France et le Canada, uniquement par mandat postal international ou par transfert bancaire (ne pas envoyer de chèque).

— **DES SOUCOUPES VOLANTES AUX OVNI**, de Michel Bougard (éd. SOBEPS); une œuvre collective écrite sous la direction de notre président et qui tente de faire le point de la recherche ufologique — **500 FB (prix spécial)**.

— **ACTES DU PREMIER CONGRES EUROPEEN SUR LES PHENOMENES AERIENS ANORMAUX**, (éd. SOBEPS); un volume de plus de 200 pages qui reprend les interventions faites lors de ce congrès qui s'est tenu à Bruxelles (SOBEPS) en novembre 1988; un tour d'horizon des recherches de pointe en ufologie par des spécialistes de la plupart des pays européens, des U.S.A. et de l'U.R.S.S. — **850 FB**.

— **MYSTERIEUSES SOUCOUPES VOLANTES**, de Fernand Lagarde et le groupement « Lumières dans la Nuit » (éd. Albatros); œuvre collective nous présentant les réflexions sur le sujet de chercheurs comme Aimé Michel et Jacques Vallée et décrivant des voies de recherches possibles pour une étude approfondie du phénomène — **500 FB**.

— **BLACK-OUT SUR LES SOUCOUPES VOLANTES**, de Jimmy Guieu (éd. Ommiun Littéraire); un « classique » de l'ufologie française, récemment réédité — **395 FB**.

— **ET SI LES OVNI N'EXISTAIENT PAS ?**, de Michel Monnerie (éd. Les Humanoïdes Associés); un livre intelligent et courageux qui prend le parti de dire que les méprises sont plus courantes qu'on ne le croit, ce qui permet à l'auteur de proposer son hypothèse socio-psychologique pour expliquer les OVNI — **425 FB**.

LE PIN'S DE LA SOBEPS EST ARRIVE

On nous le réclamait depuis longtemps : il est enfin là !

Une superbe épinglette en cinq couleurs (grand feu, c'est-à-dire la plus haute qualité), grand format (35 mm de large), que vous ne pouvez manquer d'acquérir.

Si vous voulez aider la SOBEPS en vous faisant plaisir, voilà le moyen tout trouvé. Complétez votre propre collection (ou celles de vos enfants et petits-enfants) en réservant dès à présent votre/vos exemplaires.

Son prix : 350 FB (ou 65 FF)
1000 FB (ou 180 FF) pour 3 exemplaires

Ci-contre : le pin's SOBEPS en taille réelle.



Pour recevoir votre commande (livrée sous enveloppe spéciale), veuillez effectuer votre virement/versement à son compte bancaire n° 210-0222255-80 de la SOBEPS, avenue Paul Janson 74, B-1070 Bruxelles, ou encore au CCP n° 000-0316209-86. Pour la France et le Canada, uniquement par mandat postal international, ou par transfert bancaire mais avec les frais à votre charge.

inforespace

Organe de la Société Belge d'Etude des Phénomènes Spatiaux, asbl
Avenue Paul Janson, 74
B - 1070 Bruxelles
Téléphone : 32 - 2 - 524.28.48 (rép./enr.), 32 - 2 - 521.74.04 (mercredi et samedi)
Téléfax : 32 - 2 - 520.73.93

Président : Michel Bougard
Secrétaire Général : Lucien Clerebaut
Trésorier : Christian Lonchay
Conception et réalisation : Marc Valckenaers
Editeur responsable : Lucien Clerebaut

Imprimerie Pesesse - Haine-St-Pierre

Sommaire

Les articles signés n'engagent que la responsabilité de leur auteur.

Editorial

En matière de malhonnêteté intellectuelle et de méthodologie pseudo-scientifique, la majorité des détracteurs de l'ufologie n'ont rien à envier à certains dont ils veulent combattre les excès. Dans un article publié dans le quotidien *Le Soir* en septembre dernier, à l'occasion d'observations mineures signalées en août dernier, le rédacteur s'est ainsi livré à un amalgame que nous avons déjà maintes fois dénoncé.

Il s'agit d'assimiler la SOBEPS à diverses associations dont la crédulité et l'esprit mercantile sont parfois indéniables. En cette matière, puisque l'ufologie n'a aucun statut officiel, n'importe qui peut se vanter d'étudier la question, publier de médiocres ouvrages, et fonder avec l'un ou l'autre ami, un groupement dont la confidentialité est en proportion directe de l'emphase de sa dénomination (« association européenne d'étude des OVNI », « centre mondial d'ufologie », etc.).

Si l'auteur de cet article avait vraiment lu nos deux rapports sur la vague belge de 1989-91 (plus de mille pages), il aurait remarqué combien les collaborateurs de la SOBEPS (dont plusieurs appartiennent à diverses universités du pays) avaient eu le souci d'analyser les témoignages reçus et d'expliquer ce qui pouvait l'être. Il aurait ainsi pu se rendre compte que c'est la SOBEPS elle-même (en la personne de M. A. Meessen, professeur émérite de l'Université catholique de Louvain) qui avait expliqué les échos radar enregistrés par des F-16 en mars 1990, et non pas les *« astrophysiciens de Liège »*. Ce présent numéro est d'ailleurs l'occasion de refaire le point sur ces observations radar.

Dans le même ordre d'idées, le fameux *« rapport des astrophysiciens et météorologistes »* dont il est fait état dans l'article n'est qu'un texte polémique rédigé à la hâte lors de la sortie de notre premier rapport d'activités. Ironisant à propos du préfacier de ce premier volume, le rédacteur omet bien sûr d'évoquer l'auteur de la préface de notre second rapport publié en 1994, Mme Isabelle Stengers, philosophe et historienne des sciences, qui plaçait intelligemment le problème de l'étude des OVNI dans un contexte de citoyenneté active.

La méconnaissance quasi totale de la question des OVNI en Belgique, l'interprétation partisane de quelques rares faits en sa connaissance (si pour les psychiatres les OVNI sont des projections plus ou moins objectivées de l'inconscient, il est normal que pour un expert en matière d'armement moderne, ces OVNI soient interprétés comme des drones, micro-véhicules militaires volants), et l'omission volontaire des débats scientifiques qui ont alimenté les travaux de la SOBEPS, mettent en évidence l'aspect étriqué des arguments présentés.

Nous ignorons si les OVNI ont une origine extraterrestre ou autre. Nous savons aussi que bon nombre de cas reçoivent une explication très prosaïque. Mais nous pouvons également montrer que plusieurs événements restent à ce jour inexpliqués. Nous pensons en outre qu'il est du devoir d'un esprit scientifique digne de ce nom de s'attaquer à ce qui pose encore problème, avec une méthodologie rigoureuse et sans a priori. C'est d'autre part un devoir citoyen que de réclamer la prise en compte des témoignages significatifs vérifiés afin que les autorités s'expriment à leur propos.

Les experts-donneurs-de-leçons ont souvent montré les limites de leurs compétences. La SOBEPS propose qu'on examine les données actuellement disponibles sur la question des OVNI (un document photo est ainsi toujours en cours d'analyse à l'Ecole Royale Militaire de Bruxelles). L'invitation est lancée depuis plusieurs années. Bien peu de scientifiques belges et étrangers ont eu le courage d'y répondre. Mais notre porte est toujours ouverte.

Cette invitation est également lancée à toutes les autres formes de collaboration active. Le problème est récurrent et ce n'est pas la première fois que nous le rencontrons. Juste avant que la « vague belge » éclate à la fin de l'automne de 1989, les animateurs de la SOBEPS se comptaient sur les doigts des deux mains. Aujourd'hui une main suffit !

Cette carence dans la participation bénévole au bon fonctionnement de notre a.s.b.l. a des conséquences qui, à terme, sont dommageables pour toute l'ufologie. Aujourd'hui, nous sommes dans l'impossibilité de maintenir une permanence régulière dans nos bureaux. C'est le répondeur téléphonique et le courrier qui restent les seuls liens avec nos correspondants, mais le délai de dépouillement est tel qu'il faut souvent plus d'un mois pour qu'une réponse soit donnée à ceux qui nous sollicitent.

Si cette situation de pénurie devait s'affirmer dans les mois qui viennent, la SOBEPS ne pourrait peut-être même plus enquêter efficacement sur les observations qu'on lui signale. Et nous osons à peine imaginer ce qui se passerait si, brusquement, une nouvelle vague d'OVNI venait à déferler sur la Belgique.

Si ce numéro sort avec un peu de retard, c'est que le professeur A. Meessen (dont l'article sur l'analyse des mystérieux échos radar enregistrés

par les F-16 à la fin du mois de mars 1990 constitue l'essentiel de ce numéro) a vécu un deuil particulièrement cruel au moment où il s'apprêtait à terminer son texte. Une fois de plus nous lui adressons nos plus sincères condoléances et nous le félicitons pour le courage dont il a témoigné en voulant à tout prix nous livrer ses derniers résultats d'analyse pour ce numéro d'Inforespace.

Malgré toutes ces difficultés, nous voudrions que, vous tous qui fidèlement nous lisez, vous restiez ce bastion solide et solidaire de notre action en renouvelant sans tarder la cotisation qui nous permettra la poursuite de l'édition de cette revue et le maintien d'activités dont personne ne veut (ou ne peut) prendre la succession en Belgique. Plus qu'un abonnement à une revue, votre cotisation doit constituer un acte d'encouragement à la défense d'une ufologie scientifique.

Dans l'attente de votre soutien, permettez-moi, au nom de toute l'équipe de la SOBEPS, de vous présenter nos meilleurs voeux à l'aube de cette nouvelle année 1999. Puisse le dixième anniversaire de la dernière vague être l'occasion d'une embellie ufologique à laquelle nous aspirons tous.

Michel Bougard,
Président.

RENOUVELLEMENT DES COTISATIONS

En 1999, nous vous proposons deux numéros de la revue *Inforespace* (n° 98 et 99) aux conditions suivantes :

Cotisation membre	Belgique	France	Autres pays
d'honneur	1.500 BEF	260 FRF	1.600 BEF
ordinaire	1.000 BEF	180 FRF	1.100 BEF

Pour ceux qui choisiront la formule de membre d'honneur, nous rappelons qu'il s'agit là de la seule formule offrant la possibilité d'une carte de membre.

Tout versement est à effectuer au compte bancaire n° 210-0222255-80 de la SOBEPS, ou à son CCP n° 000-0316209-86, avenue Paul Janson, 74, 1070 Bruxelles. Veuillez utiliser si possible le bulletin de versement ci-joint.

Pour la France et le Canada, nous vous rappelons que le versement doit se faire **uniquement par mandat postal international**, ou par transfert bancaire **MAIS AVEC LES FRAIS DE TRANSFERT A VOTRE CHARGE.**

On nous écrit...

Monsieur Jean Sider nous demande de bien vouloir compléter son texte sur les événements du 5 novembre 1990 (voir *INFORESPACE* n° 96, mai 1998, pp. 4-21) par la mise au point suivante :

Dans Inforespace n° 96, Michel Bougard et J.J. Velasco rajoutent une autre couche de rentrée atmosphérique, et ce en dépit de deux évidences qu'ils préfèrent nier; à savoir :

1- La compétence de certains témoins, pilotes professionnels, gendarmes, militaires, etc... qui ne souffre d'aucune contestation.

2- Le nombre énorme d'anomalies que contiennent leurs descriptions, lesquelles invalident la version du 3ème étage de fusée russe.

Que J.J. Velasco ne veuille pas renier une décision étatique, rien de plus normal. C'est un fonctionnaire soucieux de ménager sa carrière, donc il ne tient pas à contrarier sa hiérarchie. Car c'est le ministère de la Défense, sur intervention du SIRPA (Service d'Informations et de Relations Publiques des Armées) qui a ordonné la comédie du « télex de la NASA ». Cela m'a été confirmé par un haut fonctionnaire retraité de cet organisme.

Mais que le président de la SOBEPS soutienne cette mascarade étatique, c'est beaucoup plus difficile à comprendre. Il est vrai que flirter avec les agences d'Etat vous oblige à cautionner leurs prises de position, ceci expliquant cela... Je rappelerai à Michel Bougard et à ses supporters qu'avant l'affaire du télex de la NASA, J.J. Velasco avait fait de remarquables déclarations à divers médias, dont je résumerai ci-dessous les principales [les copies des coupures de presse envoyées par M. Sider n'ont pas été jointes à cette mise au point], *lesquelles faisaient apparaître les anomalies suivantes :*

1- L'inversion de la trajectoire, d'abord du sud-ouest au nord-ouest, puis brutalement du nord-ouest vers le sud-est, ne se prête pas à un phénomène de rentrée atmosphérique (<u>Le Figaro</u>, Paris, 7 novembre 1990).

2- La durée des observations atteint plusieurs minutes et souvent plus de deux minutes. Or une rentrée atmosphérique dure toujours moins d'une minute. Les témoignages fort précis de pilotes professionnels indiquent une trajectoire montante, et non descendante (<u>La Nouvelle République du Centre-Ouest</u>, Tours, 7 novembre 1990).

3- Le trajet parallèle au sol décrit par les pilotes me paraît bizarre. Il ressemble plutôt à celui d'un ou de plusieurs avions ou engins propulsés. (<u>La Dépêche du Midi</u>, Toulouse, 7 novembre 1990). Et c'est un expert en rentrées atmosphériques qui s'exprimait là, pas

un journaliste incompétent ni un ufologue rêvant du vaisseau d' « Independance Day »...!

Je leur rappelerai aussi que le NORAD, par son directeur des relations publiques, est le seul organisme au monde (du moins par le biais de son Space Control de Cheyenne Mountains) à pouvoir nous renseigner sur cette prétendue « rentrée ». Les autres agences (dont la NASA et le Goddard Space Flight Center, qui n'ont jamais répondu à mes diverses demandes d'informations) sont obligées de passer par le NORAD pour avoir des renseignements sur la quincaillerie en orbite terrestre.

Nier la compétence du fonctionnaire du NORAD qui m'a répondu, comme le fait Michel Bougard, c'est faire preuve d'un manque total d'objectivité. Si je fais le compte, pour le président de la SOBEPS, les témoins tout comme le NORAD ne seraient pas crédibles ! Plus d'un lecteur a dû ruer dans les brancards...

Last but not least. Le télex de la NASA, que j'ai obtenu en copie auprès du CNES (lettre du 10/12/90), ne fait pas état d'un 3ème étage de fusée, mais d'une plate-forme ! Le NORAD m'a confirmé cette identification dans une lettre du 5/8/98, et avait précisé dans un courrier à mon correspondant Jérôme Morainvillers qu'il s'agissait d'une plate-forme de connection, objet placé entre la fusée et le satellite. Une plate-forme de fusée Proton ne doit pas excéder 13 m^2*, puisque la fusée fait 4,1 m de large pour 42 m de long, selon le QUID, édition 96, page 86. Tandis qu'un 3ème étage (en supposant qu'il fasse le tiers de 42 m, soit 14 m, représente une surface nettement supérieure).*

Ce qui veut dire que le CNES, sur ordre du ministère de la Défense, a commis une falsification, en transformant une plate-forme invisible à 120 km d'altitude, en un booster beaucoup plus volumineux, donc acceptable vis-à-vis des médias. Que Michel Bougard fasse semblant d'ignorer cette imposture, me paraît très regrettable car ce comportement n'est pas celui que souhaitent les lecteurs de sa revue.

La « psychologie de la perception » et les amphigouris des théoriciens de la psychologie ne feront jamais « avancer le schmilblik » dans notre recherche. Les discours ampoulés s'y référant n'ont donc aucune valeur, en regard des courriers officiels et des déclarations publiques de J.J. Velasco faites avant que le couperet du ministère de la Défense le fasse rentrer dans le rang. Le chef du SEPRA, tout honnête qu'il puisse être, ne fait pas ce qu'il veut. Il fait ce qu'il peut, ou plutôt, il fait ce que sa hiérarchie lui autorise de faire. Ses récentes prises de position en faveur des phénomènes ovnis et contre les « socio-psychologues », notamment dans le VSD hors série n° 1891 de juillet 1998, prouvent qu'il est convaincu de la réalité des phénomènes qu'il est censé étudier. Mais lorsqu'il doit subir les pressions de ses supérieurs, comme dans l'affaire du 5/11/90, il est obligé de se transformer en debunker. Ceux qui n'admettent pas ce truisme font preuve d'un manque absolu de lucidité. On ne peut pas dire ce que sont les phénomènes du 5/11/90 en France, mais on peut prouver qu'ils ne sont pas associables à une rentrée atmosphérique. Nuance donc.

Jean SIDER (août 1998).

Je n'ai aucunement l'envie d'épiloguer à propos des critiques de J. Sider, mais je me dois de rétablir ce qui me paraît être la vérité en ce qui me concerne :

1- Les allusions à mon soutien à une « mascarade étatique » sont risibles. Tous ceux qui me connaissent savent combien je peux être allergique à toute forme de pouvoir ou d'ordre venu d' « en haut » : « Ni dieu, ni maître », voilà ma profession de foi anarchiste qui me permet de sourire chaque fois qu'on suspecte mon allégeance à l'un ou l'autre crypto-pouvoir officiel. De même je témoigne que la SOBEPS est indépendante et n'a jamais eu à subir la moindre pression de qui que ce soit.

2- Reprendre les premières appréciations, à chaud, sur les événements du 5 novembre 90 comme les seules susceptibles d'être « vraies » me paraît méthodologiquement contestable. C'est affirmer la primauté de l'émotion sur la raison. J'ai déjà dit combien nous avions dû résister à la poussée des médias dès la matinée du 6 novembre. Nous avions alors des « impressions » basées sur une certaine expérience mais il nous paraissait impossible d'affirmer catégoriquement quoi que ce soit avant de disposer d'informations complémentaires. Dommage que tout le monde n'ait pas agi ainsi.

3- Comment ne pas parler d'incompétence à propos de Scott W. Johnson quand ce « responsable » dit tout ignorer de la trajectoire et de l'heure de rentrée de l'objet n° 20925 en mai 1996 (en récidivant en août 1998) alors que dès la fin novembre 90, l'organisme qui l'occupe diffusait des données précises permettant d'identifier sans le moindre doute les coordonnées de rentrée de l'objet 20925/1990/094C. Ou bien le dit Johnson ignore réellement tout de cette question, ou bien il refuse d'aller chercher l'information là où il sait la trouver : dans un cas comme dans l'autre, il s'agit bien là d'incompétence.

4- Après avoir été soupçonné de soumission à l'égard du pouvoir, me voilà aussi accusé de complicité d'imposture. En cause : l'identification précise de l'élément 094C de la fusée Proton. Il me semblait que les pages 25 et 26 d'*Inforespace* n° 96 étaient pourtant claires à ce propos. Il n'y a là aucune « falsification » : la technique astronautique utilise un vocabulaire particulièrement évolutif qu'il n'est pas toujours facile de maîtriser. Dans cet ordre d'idée, une « plate-forme de connection » peut aussi être ce que certains appellent une « fusée-parking » ou encore un « lanceur ». J'admets volontiers que parler d'un « troisième étage », ce n'est pas vraiment la même chose qu'évoquer cette plate-forme. Mais cessons de tourner autour du pot : quel que soit le nom à donner à la structure concernée par la rentrée du 5 novembre 90, il s'agit bien pour tout le monde de l'objet 20925/094C. Et que cet objet ait eu 13 m^2 ou plus de superficie importe peu quant à sa combustion atmosphérique : de toute manière il s'agissait d'un phénomène susceptible d'être parfaitement visible du sol.

5- En conclusion, il est évident que tous les experts consultés (à l'exception du bien curieux Scott W. Johnson) reconnaissent la rentrée de gros débris artificiels appartenant à une partie de fusée Proton, à une heure et selon une trajectoire compatibles avec la majorité des témoignages enregistrés dans la soirée du 5 novembre 90. Dans ces circonstances, l'honnêteté intellectuelle doit convenir qu'à tout le moins il y avait un risque majeur de confusion et que la prudence commande donc d'imprimer sur la page de garde de ce dossier « Attention ! Les événements décrits ci-après sont des OVSI (objets volants susceptibles d'être identifiés) ».

Michel BOUGARD
(novembre 1998).

Analyse approfondie des mystérieux enregistrements radar des F-16

A. MEESSEN, professeur de physique à l'U.C.L.

Au cours de la nuit du 30 au 31 mars 1990, quand la vague des observations d'OVNI battait son plein en Belgique, il y eut un événement qui a fortement polarisé l'attention des médias. *La Force Aérienne belge* fit décoller deux chasseurs F-16 en vue d'une identification et éventuelle, d'une interception. Il était effectivement nouveau que des militaires cherchent à savoir ce qui se passe en matière d'OVNI et... surtout qu'ils le reconnaissent. Aux yeux de certains, c'était même plus important que les nombreuses observations visuelles rapprochées d'OVNI qui avaient déjà eu lieu depuis quatre mois. En fait, ce sont des échos anormaux captés par les radars militaires au sol et par les radars aéroportés des F-16 qui ont joué un rôle capital dans le déroulement de ces actions et leurs développements ultérieurs. Nous ferons le point de l'état actuel des analyses et explications de ces données. Nous en dégagerons aussi quelques implications pour l'étude du phénomène OVNI.

Introduction

La "vague d'OVNI sur la Belgique" était exceptionnelle, aussi bien par son ampleur que par ses caractéristiques[1]. Elle a débuté brusquement et d'une manière très massive pendant la soirée du 29 novembre 1989. J'ai vérifié moi-même que *les témoignages devaient être pris au sérieux.* Il s'agissait d'ailleurs très souvent d'observations rapprochées, permettant de discerner des détails de structure. Il en résultait que *les OVNI de la vague belge étaient différents des OVNI classiques.* Ceux-ci avait presque toujours des formes discoïdales ou cigaroïdes. Ils avaient donc une symétrie axiale, tandis qu'on voyait chez nous des plates-formes à trois ou quatre coins. Près de ceux-ci, on voyait souvent d'énormes "phares", intégrés dans la structure et projetant vers le bas des faisceaux lumineux. Ces objets pouvaient rester stationnaires à basse altitude, comme les OVNI classiques, ou glisser lentement dans le ciel, sans bruit.

Ayant fait ces constatations, j'ai immédiatement cherché à savoir si ces objets étaient détectés par les radars. Ces systèmes existent et ils scrutent constamment le ciel, de toute manière. Ils pourraient fournir des informations objectives, complémentaires aux observations visuelles, mais je m'attendais aussi, dès le départ, à ce que ces OVNI puissent être très difficilement détectables (I.351, référence 1). Leur surface pourrait être telle, en effet, que les ondes radar ne sont que faiblement renvoyées. Si c'était le cas, il faudrait en être certain. En tant que scientifique, au courant du phénomène OVNI, je devais donc m'engager dans l'étude de ce problème.

J'ai pris de suite contact avec le contrôle aérien de l'aéroport national à Zaventem et avec le colonel De Brouwer (I.356), Chef des Opérations à la Force Aérienne belge. Il est actuellement Général en retraite, travaillant pour l'ONU. Je lui demandais seulement d'être tenu au courant, dans le cas où les radars militaires détecteraient quelque chose de spécial. Entre-temps, j'avais introduit une demande auprès de la Régie des Voies Aériennes pour visionner les enregistrements radar, mis en réserve pendant quelque temps à l'aéroport civil. Il n'a pas été facile d'obtenir les autorisations nécessaires, certainement pas quand il s'agissait des données des radars militaires et des F-16, mais je faisais pression. Il serait irrationnel et même irresponsable de laisser passer une vague d'OVNI aussi importante, sans chercher à savoir et à comprendre ce qui apparaissait sur les écrans des radars. On m'a accordé les autorisations requises et j'en suis très reconnaissant.

J'ai visionné d'abord *plus de 180 heures* d'enregistrements radar de l'aéroport civil. Je captais ces données sur vidéo et je les analysais ensuite plus en détail à la maison. C'étaient des extraits, spécialement choisis, pour des soirées et des nuits pendant lesquelles on avait vu des OVNI à certains endroits. Je n'ai pas trouvé de traces radar qui auraient pu correspondre aux observations visuelles, mais j'ai constaté avec étonnement que certains des échos apparaissant parfois par-ci par-là pouvaient former des *alignements*. Les contrôleurs aériens ne s'en étaient pas rendus compte, parce que leur attention est focalisée sur les avions qu'ils prennent en charge et parce que ces alignements n'apparaissent à échelle de temps plus longue que celle de leurs observations immédiates. Il y avait une structure dans le bruit !

J'en ai déterminé les caractéristiques et ensuite proposé une explication, basée sur le fait que la vitesse de propagation des ondes radar dépend de la densité des molécules d'eau. Il s'agit de vapeur d'eau non saturée, sans formation de gouttelettes d'eau. Elle est optiquement invisible, mais *des variations de l'humidité atmosphérique perturbent la propagation des ondes radar.* Je savais cela au moment de l'intervention des F-16, mais cette affaire était beaucoup plus complexe.

Le soir du 30 mars 1990, vers 23 heures, le gendarme Renkin et son épouse remarquaient sur le fond du ciel étoilé un point lumineux très brillant qui se comportait d'une manière étrange. Il bougeait parfois brusquement, mais toujours autour d'une même position moyenne, en couvrant une zone dont la grandeur semblait être comparable à celle du disque lunaire. En outre, la couleur changeait pendant de longues périodes, pouvant aller jusqu'à 10 secondes. Intrigué, le gendarme téléphona au radar militaire de *Glons,* pour demander si l'on y détectaient quelque chose d'anormal. Quand on examina la région de Wavre où se trouvait M. Renkin, on découvrit un *écho non identifié* qui apparaissait très souvent. Il se déplaçait lentement, mais systématiquement d'est en ouest.

Les étonnantes observations visuelles étaient confirmées ensuite par d'autres gendarmes de la brigade de Wavre et l'écho radar continuait à se manifester de la même manière. A Glons, on demanda dès lors des

renseignements à l'autre radar militaire, situé à *Semmerzake.* On y constata la présence d'un écho anormal au même endroit, avec un comportement identique. Cette trace ne pouvait donc pas résulter d'une "propagation anormale" des ondes radar. Cet effet météorologique résulte d'une stratification particulière de l'humidité qui dévie le faisceau radar vers le bas. Tout se pase comme s'il y avait un miroir, mais dans ce cas, l'image ne peut pas se trouver au même endroit pour deux radars situées de part et d'autre de la trace.

La source de l'écho se déplaçait à environ 45 km/h et elle restait à une altitude d'environ 3000 m. C'était donc ni un avion ni un ballon-sonde. On prit alors la décision de faire décoller deux chasseurs F-16 de la base de Beauvechain, pour mener une investigation. Les chasseurs sont montés vers 24 h, avec leur armement habituel : un canon de 20 mm et quatre missiles AIM-9N Sidewinder. Ils ont exploré le ciel, en étant guidés par le CRC (Control Reporting Center) de Glons. Les pilotes ont eu eux-mêmes des contacts radar et après une heure de vol, à bout de kérosène, ils sont revenus avec des enregistrements étonnants.

Tout le monde est perplexe

Les pilotes des F-16 étaient expérimentés et ils connaissaient évidemment leur système radar. L'un était capitaine et l'autre, lieutenant, mais ce qui s'était passé n'était pas banal pour eux. Au contraire, à leur retour, "ils ont considéré qu'ils ont vécu quelque chose de tout à fait extraordinaire" (I.234). Le 11 juillet 1990, le colonel De Brouwer prit la responsabilité d'une conférence de presse, spécialement consacrée à ce sujet. Il ne cachait pas sa surprise: "l'objet détecté par les radars des deux F-16 a effectué des déplacements dont aucun type d'avion existant n'est capable, passant *en quelques secondes,* dans une séquence de vol qui a pu être enregistrée, de 280 km/h à plus de 1800 km/h, alors qu'il se dirigeait vers le bas. Aucun contact n'a duré plus de vingt secondes. A chaque fois que les intercepteurs ont réussi à verrouiller (lock on) leur radar sur l'objectif, l'OVNI a entamé une manoeuvre évasive en modifiant sa trajectoire et sa vitesse" (I.234).

Ceci reflète l'idée d'une technologie inconnue. Il fallait en tenir compte, puisque le nombre des observations visuelles d'OVNI jugées significatives était déjà passé entre le 29 novembre 1989 et le 30 mars 1990, à environ 500 (II.360). Bien que les médias ne fournissaient pas beaucoup de détails, les OVNI étaient à cette époque en Belgique dans tous les esprits, quelle que soit l'opinion personnelle qu'on pouvait avoir à cet égard. Un des pilotes des deux F-16 a déclaré[2] qu'avant l'intervention, il avait vu lui-même un de ces objets triangulaires, doté de puissantes lumières dirigées vers le bas. Cet appareil est resté immobile à environ 100 m au-dessus du sol. Ensuite, il "décrocha". A cause de ses contacts radar, ce pilote pensait pendant son vol que "cela vous attend jusque vous vous êtes approchés à 20 miles et alors ça dit: «OK, c'est assez près, nous sommes partis». J'avais l'impression que nous chassions quelque chose qui jouait avec nous et qui avait tout sous contrôle".

Le squadron leader, Yves Meelsbergs, a précisé[3] : "J'imagine que cet objectif insaisissable bouge étrangement dans tous les sens. Visiblement l'ovni continue de tourner autour de nos deux chasseurs... Le mystérieux écho radar remonte en altitude à 4500 m, position «droit devant» en face de nos F-16, pour soudainement plonger vers le sol... La nuit est claire, avec une visibilité excellente sur 8 à 15 km,... Je ne vois toujours rien à l'extérieur... *Je ne m'explique pas* ce que j'ai bien pu poursuivre cette fameuse nuit. Je n'écarte aucune hypothèse".

Lors de la conférence de presse, le général De Brouwer a rappelé les observations des radars militaires au sol. "De mémoire de contrôleur aérien, on n'avait jamais observé de tels phénomènes, d'une telle ampleur et d'une durée aussi longue. Si des conditions d'observation analogues devaient se présenter, des appareils redécoleraient très certainement" (I.234). La Force Aérienne a évidemment fait une évaluation et le général De Brouwer a donné des précisions à cet égard : "Nous sommes très prudents et nous ne voulons pas lancer des hypothèses, comme celles d'apparitions extraterrestres... La conclusion des études effectuées n'a cependant pas permis de déterminer la nature de l'objet".

En 1990, le *général Fleury,* à l'époque chef d'Etat-Major de l'Armée de l'Air en France a déclaré à des journalistes[4] qu'il avait "vu les enregistrements des F-16, que l'affaire est des plus sérieuses et qu'elle demeure inexpliquée à ce jour". Tout cela n'aurait sans doute pas suscité autant d'intérêt, si ce n'était pas arrivé pendant la vague des observations d'OVNI, mais cela signifie seulement que nous sommes habituellement trop inattentifs pour nous rendre compte de certains faits. Nous ne sommes pas toujours prêts à *ouvrir nos yeux et notre esprit.* C'est déjà une première constatation intéressante.

La recherche d'une explication

La vague des observations d'OVNI s'est prolongée en Belgique jusqu'en 1993, avec une décroissance progressive et des rebondissements passagers. La SOBEPS menait des enquêtes et malgré une vie professionnelle chargée, je poursuivais l'étude de la détection radar. A cause de l'intervention des F-16, j'ai eu accès aux données des deux radars militaires au sol et au contenu des enregistrements radar ramenés par le second F-16. Il fallait pour cela que j'obtienne l'autorisation de *Guy Coëme,* Ministre de la Défense Nationale à cette époque. Il me l'a accordée, en disant *"je suis pour la transparence!".* Je tiens à le souligner parce que je pense que cela relève d'une attitude personnelle, mais on sait également que de nombreuses observations d'OVNI ont eu lieu partout dans le Monde au cours des 50 dernières années, sans que les milieux politiques et militaires aient favorisé ou simplement permis une étude approfondie des faits observés.

Il faut donc *saluer l'ouverture d'esprit et le sens de l'objectivité* dont les autorités civiles et militaires ont fait preuve en Belgique. Cela fait honneur à notre pays. La Force Aérienne a été courageuse, parce qu'il fallait non seulement être prêt à affronter une technologie inconnue, mais aussi à

pouvoir faire face à une opinion publique où il est plutôt de bon ton de ne pas montrer d'intérêt pour les OVNI. Le Général De Brouwer a reconnu que "la peur du ridicule est réelle... Certains milieux étaient étonnés et incrédules de voir une instance officielle s'occuper d'une affaire qui, à première vue, semblait absurde" (I.484). Un des objectifs de cet article est de montrer qu'en réalité, il est seulement absurde de *refuser* un examen des faits observés... à cause de préjugés.

Il suffit de chercher la vérité, quel que soit le résultat auquel on pourrait aboutir. Ceci s'applique en particulier à la détection des OVNI et/ou aux perturbations des radars, encore inconnues ou mal comprises. J'ai écrit deux rapports à ce sujet[5], mais il convient de refaire le point, en ajoutant plus de détails techniques. En 1991, j'ai mis en évidence le fait que les échos anormaux qui avaient été détectés par les radars militaires au sol et conduit à la montée des F-16 étaient d'origine *météorologique* (I.379). Il s'agissait également d'un effet des variations de l'humidité atmosphérique, mais cette fois-ci de variations brusques, dues à des *masses d'air humide localisées.* Les ondes radar peuvent alors être renvoyées assez fortement, quand il y a des turbulences locales. C'était connu pour les dômes des "bulles de convection", pouvant se trouver dans l'air bien qu'elles soient optiquement invisibles (I.386).

Les enregistrements radar des F-16 posaient cependant des problèmes beaucoup plus complexes. Il fallait partir du fait que le système radar des F-16 est très performant. Il permet de suivre une "cible" de manière presque continue, au lieu de l'éclairer seulement à des intervalles de 12 secondes, comme les radars au sol. Il mesure non seulement la direction et la distance, mais également *la vitesse* d'un objet par rapport au F-16 et cela de manière instantanée. Cela se fait par effet Doppler et permet une élimination particulièrement efficace des échos anormaux. Sachant que les radars au sol avaient capté des échos venant de masses d'air humide, je pouvais me dire, bien sûr, que c'était également possible pour les radars des F-16, mais ces échos auraient dû être *éliminés* par les filtres électroniques.

D'après les enregistrements, les F-16 avaient même détecté des "objets" qui pouvaient se déplacer à *très grande vitesse* par rapport au sol, tandis que les masses d'air humide ne se déplaçaient que lentement, à cause du vent. Il y avait donc une contradiction. Ne pouvant pas résoudre ce problème, mais sachant bien qu'il fallait expliquer l'ensemble des faits observés, je me suis tourné vers les observations visuelles des gendarmes. Je les ai rencontrés et interrogés de manière répétée, mais je ne trouvais pas de faille dans leurs récits et je ne pouvais pas affirmer simplement qu'ils avaient vu des étoiles (I.388). Les mouvements et les changements de couleur dépassaient de loin ce qui est permis par les réfractions atmosphériques habituelles. Les turbulences ne conduisent qu'à des scintillations. J'ai donc tiré la conclusion qui semblait inévitable, si l'on voulait être franc et honnête : à ce moment, l'ensemble des données était seulement compatible avec l'hypothèse des OVNI.

Je continuais cependant ma recherche de la vérité. Je me rendais régulièrement à l'EWC (electronic war center) de la Force Aérienne belge, où l'on poursuivait le relevé et l'analyse des données enregistrées par le second F-16 (I.369). L'étude Gilmard-Salmon[6] s'est terminée déjà avant l'été 1991. Elle a précisé l'énigme, mais elle ne l'a pas résolue. Je m'étais limité dans mon premier rapport[6] à une présentation synthétique des données, en construisant des *trajectoires par rapport au F-16*. Je n'utilisais que des valeurs enregistrées (azimut, altitude et distance) aux instants où elles avaient été modifiées (I.368). Elles variaient en effet de manière discontinue, parce que l'ordinateur retenait la dernière valeur jusqu'à ce qu'une nouvelle valeur avait été mesurée ou calculée.

Le Lt. Gilmard et le Mj. Salmon, maintenant Lt. Col. à l'Ecole Royale Militaire, ont construit des *trajectoires lissées par rapport au sol* (II.fig.10.4), en tenant compte des virages du F-16 et en utilisant un modèle mathématique d'interpolation. M. Gilmard a mis en évidence que les sources des échos détectés avaient *des localisations assez variables* pour différents verrouillages et que certaines des valeurs affichées étaient dues à des extrapolations effectuées par l'ordinateur de bord ou plus exactement, par le *filtre de Kalman*. Le nombre des mesures réelles était donc réduit, mais il y en avait eu, sans que l'on sache ce qui avait été détecté et mesuré. C'était mon point de départ, quand j'ai dû rédiger le second rapport[5].

En 1994, j'ai trouvé une solution, expliquant l'ensemble des faits observés d'une manière rationnelle et cohérente. L'idée essentielle était que *l'effet Doppler est modifié* quand les ondes radar sont renvoyées par une masse d'air humide déformable. Cela rendait compte (1) des échos anormaux des radars militaires au sol, (2) des données des radars aéroportés et (3) des observations visuelles des gendarmes. Tout cela résultait de conditions météorologiques très exceptionnelles. Je le savais déjà pour les radars au sol. Pour les radars des F-16, cela résultait du fait que les "nuages invisibles" sont des cibles *molles* qui se comportent autrement que les cibles *dures* habituelles (II.406). Les gendarmes avaient observé des réfractions atmosphériques en lumière visible, parce que des cellules d'air humide et *chaud,* isolées les unes des autres, s'interposaient parfois entre les gendarmes et le ciel étoilé (II.408).

Quatre ans se sont écoulés et personne n'a trouvé mieux, mais ma proposition a été contestée d'une manière virulente par Jean-Pierre Petit[7]. Il a affirmé que l'explication en termes de "masses d'air turbulentes et humides... ne tient pas la route". Le professeur Schweicher l'aurait montré, mais cela n'est pas exact. M. Petit continue: "Je suis moi-même de cet avis, alors, pourquoi Auguste Meessen a-t-il produit à la télévision, sans la moindre justification scientifique, une interprétation aussi absurde?" M. Petit n'a pas précisé pourquoi elle le serait, à son avis, mais étant persuadé que les F-16 ont dû détecter des OVNI, il n'a pas hésité à me mettre dans une catégorie de personnes, dont il dit qu'ils "manquent de

compétence,... sont manipulés par des services secrets, ou travaillent à leur solde dans un but de désinformation".

La cause de cette réaction est à chercher ailleurs[8]. Toutefois, il est utile de revenir sur l'explication proposée, indépendamment de cette agression, scientifiquement non justifiée. On ne peut évidemment pas tout expliquer en quelques minutes à la télévision. Mon argument était d'ailleurs contenu dans le second rapport[5], mais dans un livre de portée générale, où d'autres aspects étaient prioritaires, je ne pouvais pas entrer non plus dans trop de détails techniques. La publication du second livre semblait d'ailleurs être tellement urgente que même l'étude que je menais à ce moment sur la photo de Petit-Rechain n'y a pas été incluse. J'en ai présenté les résultats au cours de conférences publiques quand ce livre est sorti de presse. J'y reviendrai dans le prochain numéro d'Inforespace.

La solution du problème posé combine trois éléments différents: (1) des effets météorologiques, (2) le fonctionnement du radar des F-16, associé à une révision du concept des vitesses Doppler et (3) l'analyse du contenu des enregistrements radar. Il apparaît que les filtres électroniques du système radar des F-16 *ne pouvaient pas éliminer* les échos anormaux qui nous intéressent. Ces aspects seront traités dans les trois premiers chapitres. J'y ajouterai (4) quelques implications pour l'étude du phénomène OVNI.

1. Des échos radar d'origine météorologique

Des mirages résultant de réflexions partielles

Ayant découvert des alignements d'échos anormaux sur les écrans radar de l'aéroport national, je les ai attribués à un effet météorologique, en considérant un mécanisme connu, celui des "propagations anormales". Je présenterai ici un mécanisme apparenté, plus subtil. Il faut partir de la structure générale de l'atmosphère. La figure 1 fournit les résultats de mesures effectuées au moyen d'un ballon-sonde, justement pour la nuit du 30/31 mars 1990 qui nous concerne spécialement.

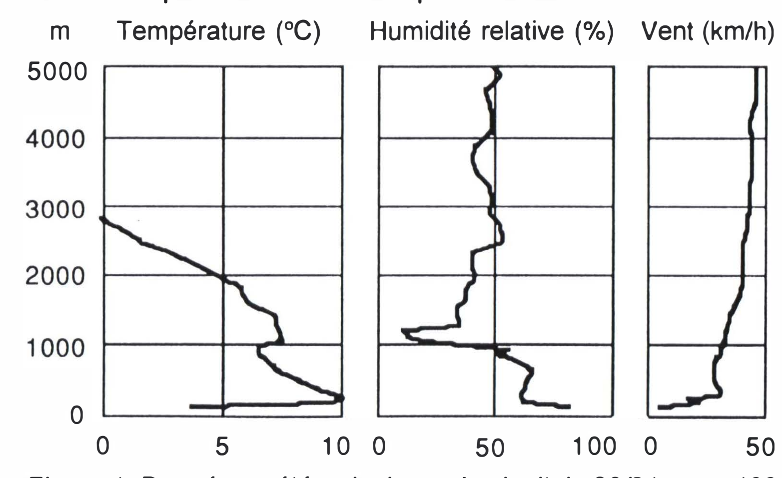


Figure 1: Données météorologiques à minuit, le 30/31 mars 1990.

Il est normal que la température diminue avec l'altitude, mais on constate qu'il y a une "inversion de température" près du sol, déjà refroidi à minuit, et une autre, vers 1000 m. Ceci correspond au bord supérieur de la *couche limite.* Dans celle-ci, l'air est rendu assez homogène par des turbulences. L'humidité relative de l'air y est d'ailleurs assez élevée, bien qu'elle diminue fortement aux niveaux des inversions de température. Dans la troposphère, entre 1000 et environ 10.000 m, la température diminue pratiquement de manière linéaire. L'humidité relative y reste encore élevée et en principe, il peut y avoir des nuages. La pression atmosphérique diminue de manière exponentielle.

Puisque les molécules d'eau sont des dipôles électriques, elles sont mises en rotation par le champ électrique des ondes radar. Il en résulte que la vitesse de propagation de ces ondes dépend de la densité des molécules d'eau. Il y a également une atténuation, mais elle est généralement négligeable. Les variations de la vitesse de propagation, dues aux variations de l'humidité relative, peuvent conduire par contre à des effets importants pour les ondes radar. La lumière visible n'est pas affectée, parce que la fréquence des oscillations du champ électrique est alors trop élevée pour que les molécules d'eau puissent encore suivre. Tout se passe comme s'il n'y en avait pas, aussi longtemps que la pression, la température et la densité des molécules d'eau sont telles qu'il n'y a pas de condensations. En effet, les gouttelettes d'eau et les cristaux de glace diffusent la lumière visible. C'est cela qui nous permet de voir les nuages.

Il importe de distinguer deux cas, suivant que la densité des molécules d'eau varie *progressivement ou brusquement* au bord supérieur de la couche limite. Un faisceau radar qui vient d'en bas et tombe obliquement sur une couche où la densité de la vapeur d'eau non saturée diminue progressivement sera dévié de plus en plus fortement par des *réfractions successives.* Si la variation de l'humidité atmosphérique a une ampleur suffisante, le faisceau peut même être dévié vers le bas. Tous les rayons qui le constituent décrivent une courbe et le résultat global est équivalent à une *réflexion totale,* comme s'il y avait un miroir.

Quand la densité des molécules d'eau varie de manière pratiquement discontinue sur une surface donnée, l'onde radar y subit par contre une *réflexion partielle.* La situation est semblable à ce qui se passe pour la lumière visible à l'interface air-verre ou air-eau: une partie de l'onde traverse la surface de séparation. Si cela se produit *à certains endroits* au bord supérieur de la couche limite, on continue à détecter les avions qui se trouvent plus haut, mais la partie du faisceau qui est réfléchie vers le bas, touche le sol et peut y être diffusée par certains objets. Les rayons qui sont renvoyés en arrière reviennent par le même chemin jusqu'à l'antenne émettrice-réceptrice. Bien que le retour implique également une réflexion partielle, cela donne lieu à l'apparition d'échos anormaux (ground clutter) qu'on essaye d'éliminer autant que possible.

Ceci est réalisé au moyen d'un filtre MTI (moving target indicator). Il détermine le changement de la position des échos pendant le temps qui

sépare deux balayages successifs, afin de supprimer les échos qui se déplacent à une vitesse inférieure à un certain seuil, pour tenir compte aussi des réflecteurs mobiles (voitures et trains). Pour le radar, la source des échos semble se situer dans l'air, comme l'image produite par un miroir semble se situer derrière celui-ci. Cela correspond à un *mirage supérieur,* mais les réflexions partielles ont lieu sur des facettes dont les inclinaisons sont variables. La situation est donc comparable à la réflexion des rayons du soleil couchant ou d'une étoile proche de l'horizon sur la surface d'un plan d'eau, quand des vaguelettes modifient les directions des rayons réfléchis.

Ceci explique des particularités que j'ai observées, en tenant compte du fait qu'un rayon émis par une source immobile, mais réfléchi par un miroir tournant, subit *une déviation plus forte* qu'un rayon provenant d'une source qui bouge, réfléchi par un miroir immobile. Les déviations angulaires sont doublées. Le bord supérieur de la couche limite peut donc se comporter pour des ondes radar comme un ensemble de petites facettes réfléchissantes, dont les changements d'inclinaison *amplifient* les mouvements apparents des échos anormaux. Puisque ce ne sont pas seulement les mouvements possibles des réflecteurs au sol qui comptent, les filtres MTI d'un radar au sol peuvent être débordés suivant les conditions météorologiques. La réflectivité dépend cependant de l'angle d'incidence. Il en résulte que les échos anormaux apparaissent seulement dans une certain domaine, ni trop près ni trop loin de l'antenne. Ceci est conforme à ce qui a été observé (I.385).

Quand j'ai eu accès aux données des radars militaires, j'ai constaté que les échos anormaux de type mirage y apparaissaient beaucoup plus rarement (I.381) et quand il y en avait, ils se présentaient de manière plus dispersée. Cela doit pouvoir s'expliquer à partir du fait que les radars militaires utilisent des faisceaux ayant la forme de *pinceaux,* tandis que le radar civil produit un faisceau qui a la forme d'un *éventail* vertical, s'étendant du zénith jusque près de l'horizon (en cosec^2). Pour un faisceau mince, la probabilité de rencontrer des facettes partiellement réfléchissantes est plus faible. Cela réduit l'intensité du faisceau réfléchi et quand il est détecté, cela augmente l'importance des fluctuations. La dispersion des échos anormaux qui passent le filtre MTI devient plus grande. Ceci complète les explications antérieures et met en avant le concept des *réflexions partielles* à des endroits où l'humidité relative de l'air varie brusquement. Nous en aurons besoin dans la suite.

Des échos provenant de nuages invisibles

Bien que les radars militaires soient moins perturbés par des échos de type mirage que les radars civils, il y a beaucoup plus d'échos anormaux d'un autre type. La figure 2 montre ceux qui ont été détectés par le radar de Semmerzake au cours de la nuit du 30/31 mars 1990. En fait, je recevais les données du radar de Glons sous la forme de listings, tandis qu'à Semmerzake, on me fournissait des extraits d'ordinateur sur disquettes. Je pouvais les examiner sur mon ordinateur personnel, en

reproduisant alors de manière dynamique tout ce qui était apparu à Semmerzake dans une portion donnée de l'espace et du temps. Je pouvais sélectionner des traces d'avions, retenir seulement les échos anormaux et lire les valeurs des paramètres enregistrés pour chacun des échos, pris individuellement. La figure 2 a été constituée de cette manière. Les distances sont indiquées par rapport au radar de Semmerzake, mais le radar de Glons est également indiqué par un cercle et une croix.

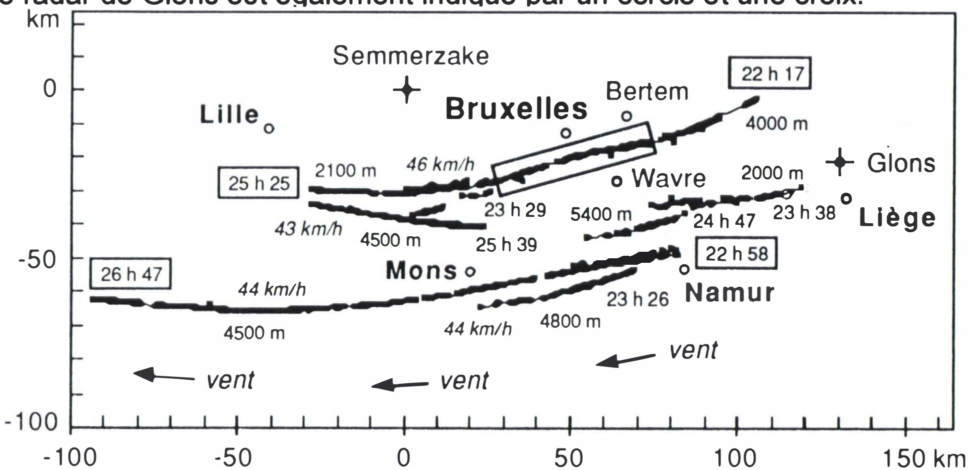


Figure 2: Trajectoires d'échos anormaux, détectés par le radar militaire de Semmerzake au cours de la nuit du 30/31 mars 1990.

On constate qu'il y avait différentes traces d'échos anormaux. Les plus longues ont débuté à 22h17 et à 22h58. Chacune d'elles provient d'un écho anormal qui a resurgi presque régulièrement pendant *plus de trois heures.* D'autres échos anormaux ont surgi plus tard. Les altitudes étaient variées, mais elles restaient pratiquement constantes, sauf pour la longue trace supérieure. La vitesse était toujours d'environ 45 km/h, ce qui était celle du vent en altitude (figure 1) et globalement, les trajectoires s'incurvaient suivant la direction locale du vent. La source de ces échos devait donc être "quelque chose" de réel qui se trouvait à telle ou telle altitude, en étant entraîné par le mouvement général de l'atmosphère.

J'ai proposé en 1991, qu'il s'agissait de *masses d'air humide, relativement localisées.* Du moment qu'elles comportent des surfaces où le degré d'humidité varie brusquement, elles doivent produire des réflexions partielles, bien que l'atmosphère soit optiquement transparente (I.386). Ce phénomène était connu pour des "bulles de convection", mais il était extraordinaire que des masses d'air humide puissent rester localisées aussi longtemps. Usuellement, elles sont disloquées après peu de temps. Il est déjà rare qu'elles survivent plus d'une heure (I.387). Il fallait donc que l'atmosphère soit très calme au cours de la nuit du 30/31 mars 1990.

L'Institut Royal Météorologique avait annoncé: "Un noyau de haute pression situé sur l'E de l'Angleterre et nos régions se déplace lentement vers l'E et influence favorablement notre temps". Le professeur Quinet de l'IRM m'avait fait parvenir des cartes météorologiques pour une large partie

de l'Europe, à quatre altitudes différentes (850, 700, 500 et 200 mb). Il en résultait qu'au-dessus de la Belgique, au sud du centre anticyclonique, l'air atmosphérique se déplaçait en bloc de l'est vers l'ouest. C'est une situation météorologique très stable.

Sur la figure 2, j'ai encadré la partie de la trace supérieure qui correspond à *l'écho radar non identifié ayant justifié la montée des F-16.* Les radaristes ont seulement découvert cet écho quand ils ont regardé s'il y avait "quelque chose" d'anormal dans cette région. Cet écho a continué à apparaître, en progressant lentement. La source de l'écho se trouvait alors à une altitude d'environ 3000 m et le CRC de Glons a fait évoluer les F-16 à cette hauteur (10.000 pieds). Par leur pratique, les radaristes savaient peut-être que des échos anormaux peuvent s'aligner, mais pas d'une manière aussi régulière et persistante. Ils ont été confrontés à une situation météorologique exceptionnelle, en étant avertis seulement de la possibilité d'une "propagation anormale".

En 1994, j'ai fait un relevé de l'altitude de la source de chacun des échos individuels pour les longues traces de la figure 2. Malgré une dispersion assez grande des points de mesure, les traces étaient continues (II.397). Puisqu'il ne s'agissait pas nécessairement d'une seule bulle de convection, bien définie, j'ai introduit le concept plus général de "nuages invisibles" (II.397). Même s'il y avait un ensemble de masses d'air humide, les radars au sol leur attribueraient un écho unique, mais j'ai constaté que le radar de Glons détectait parfois des échos anormaux qui s'écartaient de la trajectoire moyenne.

Ces masses d'air humide pouvaient provenir de cheminées d'usine ou de centrales électriques (II.408). Dans ce cas, il s'agirait d'air *chaud* et cela me permettait d'expliquer aussi les observations visuelles des gendarmes. M. Renkin avait vu Sirius, mais la vitesse de propagation de la lumière visible dépend de la température de l'air. Des masses d'air *chaud,* passant séparément les unes des autres entre les gendarmes et le ciel étoilé, devaient agir comme des lentilles (II.408). La position apparente de l'étoile et sa couleur seraient fortement et longuement modifiées, contrairement à ce qui se passe pour les scintillations habituelles.

La stabilisation de masses d'air humide

La pression P de l'air atmosphérique diminue avec l'altitude z, puisque le fait qu'elle est plus grande en bas qu'en haut permet d'équilibrer la force gravifique ($dP/dz = -\rho g$, où ρ est la masse volumique et où g est l'accélération de la pesanteur). Tout gaz idéal contient à pression et température donnée, le même nombre de particules par unité de volume, mais la masse d'une molécule d'eau est plus petite que celle des molécules d'azote et d'oxygène (dans un rapport de 18 à 28 et 32). L'air humide est donc plus léger que l'air sec à même température et même pression. C'est vrai *a fortiori* pour de l'air humide et chaud, se trouvant à la même altitude et donc à la même pression. C'est ce qui produit des *courants de convection.*

Quand une masse d'air monte en altitude, elle est cependant soumise à des pressions de plus en plus basses. Elle se détend. Cela veut dire que le même nombre de molécules occupe un volume plus grand. Si cela se réalisait suivant une transformation *isotherme,* le produit PV serait constant, mais on sait que la température diminue. En première approximation, on peut admettre que la transformation est *adiabatique.* Cela veut dire que la masse d'air considérée conserve pratiquement toute son énergie thermique. On peut alors prévoir comment la température varie. Le traitement mathématique[9,10] conduit au concept d'une "température virtuelle potentielle", mais nous n'avons pas besoin de tellement de détails. Il suffit de savoir qu'il y a une petite différence pour de l'air humide et de l'air sec, parce que l'énergie de rotation n'est pas la même pour des molécules triatomiques (H_2O) et diatomiques (N_2 et O_2).

En fin de compte, une masse d'air humide et chaud finira par se stabiliser à une altitude où la densité de cet air est égale à celle de l'air sec. Au lieu de comparer les densités, on compare des températures qui seraient celles de l'air humide et de l'air sec à une pression standard (généralement 1000 mb). Ces méthodes de calcul s'appliquent aussi à l'intérieur de la couche limite[11] et aux panaches de fumée[12]. On a d'ailleurs signalé que des usines peuvent augmenter la température et l'humidité de l'air à tel point qu'il en résulte un microclimat, avec des précipitations accrues[13].

La figure 2 suggère que les deux longues traces pouvaient avoir été initialisées par la centrale classique de Mol (au nord-est de Bertem) et la centrale nucléaire à Tihange (à l'est de Namur). Des masses d'air humide et chaud peuvent s'accumuler en effet au bord supérieur de la couche limite jusqu'au moment où cette masse devient assez grande pour "percer le plafond". Cela résulte du fait qu'il peut y avoir un *équilibre instable ou sélectif* à certains niveaux[9]. Rappelons aussi que le pouvoir ascensionnel d'un ballon dépend à la fois de la densité de son contenu et du volume qu'il occupe. A un moment donné, la masse d'air humide peut devenir trop importante pour être retenue. L'équilibre provisoire est alors ébranlé. La masse d'air humide et chaud monte, en formant d'abord une bulle de convection, semblable à une bulle d'air ascensionnelle dans l'eau. Dans l'air atmosphérique, il y aura cependant une stabilisation à une certaine hauteur.

Le relevé des altitudes de la source des échos anormaux m'a permis de voir que les valeurs mesurées fluctuaient plus fortement que pour des avions, surtout au début et à la fin des traces (II.397). Cela semble renforcer l'idée d'une concentration progressive initiale et d'une dislocation finale. Le fait que l'altitude diminue pour une des traces, peut s'expliquer si l'on admet que le rapport surface-volume était plus favorable à des échanges thermiques ou à la dispersion des molécules d'eau. Notons que même le radar civil a détecté parfois des masses d'air humide (I.381).

Quand on me demande si je crois aux OVNI, je demande en retour: est-ce que vous croyez aux atomes? On ne les voit pas, mais on dispose d'un

ensemble d'informations indirectes. Le concept des "nuages invisibles" souligne le fait que la réalité ne se réduit pas simplement à ce que nous pouvons voir et toucher. En été, le soleil chauffe le sol et provoque de l'évaporation. L'air humide et chaud peut créer des *courants thermiques ascendants* très forts. Certains oiseaux et les pratiquants du vol à voile s'en servent pour atteindre des altitudes élevées. Le record pour des planeurs est de 16000 mètres[14] et tout cela se produit dans un ciel sans nuages. En été, il arrive qu'on voit un ensemble de nuages de type *cumulus,* dont le fond est plat et situé au même niveau, comme si ces structures avaient été déposés sur une plaque de verre. En fait, on ne voit que les sommets de courants thermiques ascendants, séparés les uns des autres par des courants descendants et il faut dépasser le niveau où la température et la pression permettent une condensation.

2. Le radar Doppler à impulsions des F-16

Un radar performant

En 1990, les F-16 belges étaient dotés du système radar *APG-66* de Westinghouse, livré par le constructeur des F-16, General Dynamics. C'est un radar de combat, scrutant le ciel devant l'avion. Il a été complété par l'adjonction du système *Carapace* de Dassault[15]. L'objectif était de protéger les F-16, en les dotant d'un système ECM (electronic counter measures) qui détecte et analyse les ondes radar venant d'autres émetteurs : radars au sol, avions ennemis ou missiles à tête chercheuse. C'est un système *passif,* avec 7 antennes réparties sur la surface de l'avion pour "voir" aussi sur les côtés et vers l'arrière. On a ajouté un système *actif* (ALQ 131 de fabrication américaine) pour brouiller les radars ennemis. La décision avait été prise déjà le 28 avril 1989 par le Comité ministériel de coordination économique et sociale et le contrat a été signé le 7 juin 1989, bien avant les événements de mars 1990.

Le radar des F-16 utilisé à ce moment n'était donc pas déficient en ce qui concerne la localisation et l'observation quasi continue des "cibles" devant l'avion. L'orientation du faisceau est modifiée très rapidement, d'une manière qui dépend du mode de fonctionnement (search, situation awareness mode, air combat mode, single target tracking, conical scan). Le radar peut être verrouillé sur une "cible" particulière pour fournir des informations plus détaillées à son égard, mais il doit continuer à surveiller le ciel. La distance d'une "cible" est mesurée au moyen du temps de parcours des impulsions, tandis que la grandeur de la vitesse radiale par rapport au F-16 est mesurée par *effet Doppler.* Ceci s'applique à chacun des échos, à l'instant même où il est détecté, tandis que les radars au sol peuvent seulement déterminer la vitesse à partir du changement de la position de l'écho au cours de deux balayages successifs. La mesure des vitesses relatives par effet Doppler assure une élimination efficace des échos anormaux par des radars aéroportés.

Il n'est donc pas évident que les mystérieux enregistrements radar des F-16 réalisés au cours de la mission du 30/31 mars 1990, puissent résulter

d'une détection de masses d'air humide. D'après les données enregistrées, les sources des échos non identifiés se déplaçaient parfois à plus de 1000 noeuds (1850 km/h) par rapport au sol, alors que les chasseurs F-16 volaient à environ 400 noeuds. Les nuages invisibles, entraînés par le mouvement général de l'atmosphère, se déplaçaient à 25 noeuds par rapport au sol. Que s'est-il donc passé? Pour le découvrir, il faut comprendre le fonctionnement des radars aéroportés[6,16,17]. Cela fournit *une occasion pour apprendre,* ce qui n'est jamais inutile, mais il suffira de nous en tenir aux principes de base.

L'effet Doppler pour un réflecteur en mouvement

Rappelons nous qu'une voiture de course produit un son de fréquence élevée quand elle *s'approche,* mais dès que la voiture *s'éloigne* de nous, on entend un son de fréquence plus basse, bien que le bruit produit par le moteur reste le même. La lumière émise par des galaxies qui *s'écartent* de nous, présente également un spectre "décalée vers le rouge", c'est-à-dire vers les basses fréquences. La situation est un peu différente pour un radar ou un sonar, parce que l'émetteur envoie une onde vers *un réflecteur en mouvement.* L'onde revient, pour être captée par le récepteur qui se trouve au même endroit que l'émetteur. La figure 3 décrit ces événements d'une manière graphique, facilement compréhensible.

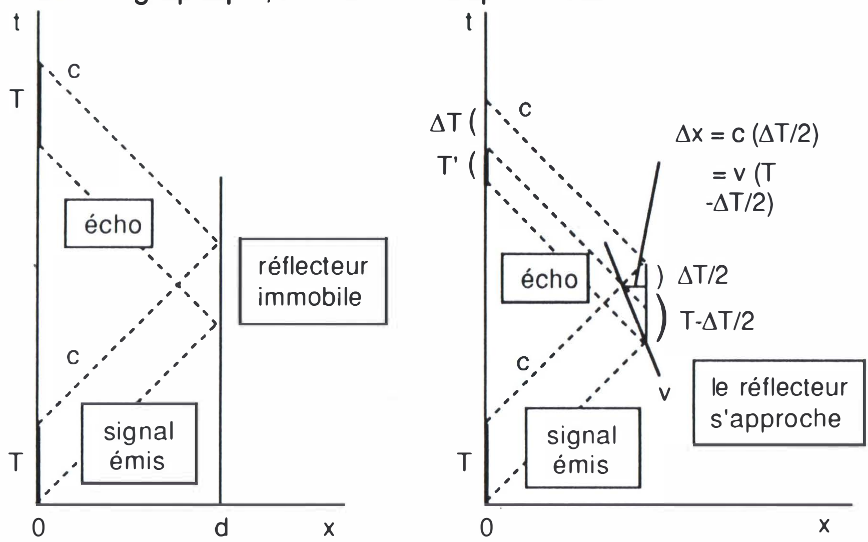


Figure 3. La propagation d'ondes à la vitesse c conduit à un changement de la période d'oscillation du signal réfléchi quand le réflecteur est en mouvement.

Considérons d'abord le cas (à gauche), où *le réflecteur est immobile* par rapport à l'émetteur-récepteur. Celui-ci se trouve à l'origine de l'axe des x, tandis que le réflecteur est situé à une distance d, constante au cours du temps. Un signal émis en x = 0 à l'instant t = 0 se propage vers le réflecteur à la vitesse c et revient à la même vitesse. Un second signal émis en x = 0 à l'instant t = T revient après un intervalle de temps égal à T. On peut imaginer que le réflecteur est un miroir perpendiculaire à l'axe des

x, mais en fait, il s'agit simplement d'une *rétrodiffusion.* Au lieu de deux signaux successifs, on peut considérer une onde qui oscille constamment à la fréquence F = 1/T. L'onde qui revient aura la même fréquence, si le réflecteur est immobile, mais la situation est différente quand le réflecteur est en mouvement.

Examinons le cas (représenté à droite) où il *s'approche* de l'émetteur-récepteur à une vitesse v. Il suffit d'inspecter la figure pour voir qu'on peut calculer le changement ΔT de la période, puisque c(ΔT/2) = v(T- ΔT/2). Donc (c+v) ΔT = 2vT. Quand v « c, il en résulte que ΔT = (2v/c)T. La période du signal reçu T' = T- ΔT = (1-2c/v)T. Elle diminue, mais la fréquence F'= 1/T' augmente. Puisque v « c, on trouve que F' = (1+2v/c)F. Le changement de fréquence ΔF = F'-F est tel que ΔF/F = 2v/c. Si l'onde s'était propagée toujours dans le même sens (d'un émetteur vers un récepteur séparé), on aurait obtenu ΔF/F = v/c, où v est la vitesse d'approche relative, avec v « c. Un réflecteur en mouvement amplifie donc l'effet Doppler d'un facteur 2. Notons que la fréquence augmente quand le réflecteur s'approche et qu'elle diminue, quand il s'éloigne.

La mesure de la vitesse d'approche

Pour mesurer la grandeur et le signe de v, il faut comparer le signal qui revient à celui qui continue à être produit par l'oscillateur interne de l'émetteur-récepteur. Ces signaux peuvent être représentés *au même instant t* par deux vecteurs qui tournent à des vitesses angulaires différentes (figure 4). Le vecteur qui caractérise l'oscillateur interne a une grandeur A et tourne avec une vitesse angulaire ω = 2'/T, où 2' est l'angle balayé (en radians) pendant un tour complet ou une période T. Les composantes du vecteur (encadrées) sont des fonctions harmoniques. L'une est maximale quand l'autre est nulle.

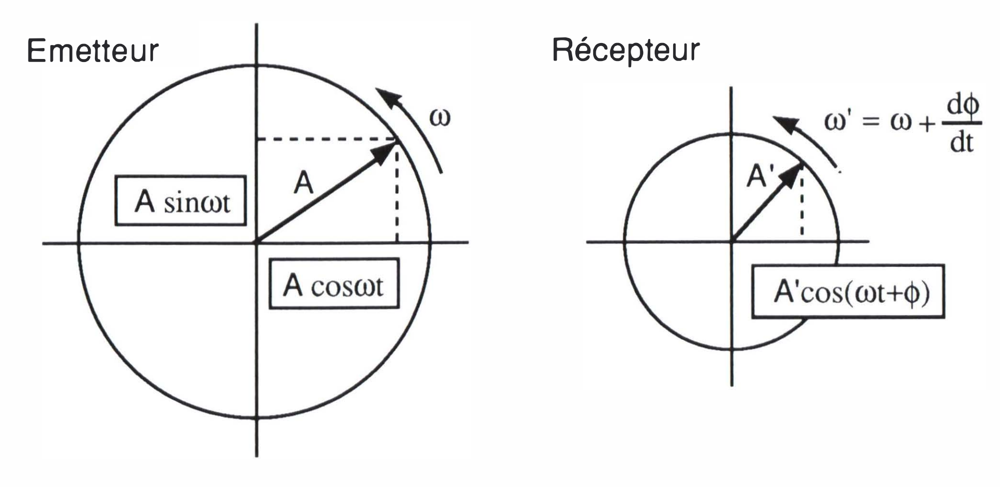


Figure 4: Le signal interne à l'émetteur et le signal capté par le récepteur peuvent être représentés par deux vecteurs qui tournent. L'effet Doppler change la vitesse angulaire.

Le signal capté par le récepteur est caractérisé par un vecteur de grandeur A'. Il tourne à une vitesse angulaire ω' différente de ω quand l'onde est renvoyée par un réflecteur en mouvement. S'il s'approche à une vitesse constante v, on aura un changement relatif $\Delta\omega/\omega = 2v/c$. Quand la vitesse est constante depuis l'instant t = 0 jusqu'à l'instant t, la phase $\phi = \Delta\omega.t$ et quand la vitesse varie, on peut dire qu'après un temps dt, la phase change de telle manière que $\Delta\omega = d\phi/dt$. C'est la dérivée de ϕ par rapport au temps. Il est donc possible de mesurer la *vitesse instantanée,* quand dt est très petit.

La valeur de ϕ à un instant donné est extraite du signal qui revient, au moyen d'un traitement électronique. Posons A = 2 et prenons les produits (au moyen d'un mélangeur électronique) du signal reçu et du signal de référence au même instant. On prendra également le produit avec le signal de référence, déphasé de 90° (le sinus au lieu du cosinus). Les élèves du secondaire savent déjà que ces produits sont équivalents à des sommes de fonctions trigonométriques:

$$2A' \cos(\omega t+\phi) \cos\omega t = A' [\cos \phi + \cos (\omega t+\phi/2)]$$
$$2A' \cos(\omega t+\phi) \sin\omega t = A' [-\sin \phi + \sin (\omega t+\phi/2)].$$

Les derniers termes dans les crochets correspondent à des fonctions qui oscillent rapidement. On peut les éliminer par un filtrage électronique pour obtenir deux signaux de basse fréquence:

$$I(t) = A' \cos \phi \qquad \text{et} \qquad Q(t) = A' \sin \phi.$$

Le premier signal suffirait pour déterminer la grandeur de ϕ, mais pas son signe. Pour aboutir à une précision optimale pour la grandeur et le signe de la phase instantanée ϕ, on utilisera toujours les deux fonctions I(t) et Q(t), en effectuant une *transformée de Fourier rapide* (au moyen d'un processeur digital, agissant comme analyseur de fréquence). Ensuite, il suffit de tenir compte du changement $d\phi$ de la phase pendant un tout petit intervalle de temps dt pour déterminer $\Delta\omega = (2v/c)\omega$.

La mesure de la distance radiale

Jusqu'à présent, nous avons supposé que le signal est émis en continu. Dans ce cas, on ne peut pas déterminer la distance instantanée d du réflecteur. Pour cela, il faudrait utiliser des *impulsions* et mesurer le temps Δt nécessaire pour qu'une impulsion donnée effectue un aller-retour. Puisque le signal se propage à la vitesse c, on aurait $d = c(\Delta t/2)$. Notons que la vitesse est pratiquement égale à c, même quand il y a des perturbations atmosphériques, mais la formule qui précède n'est valable que pour des sources proches. La figure 5 montre en effet que l'écho reçu pourrait être dû à une impulsion antérieure, par exemple la précédente. On aboutit donc à une *ambiguïté.*

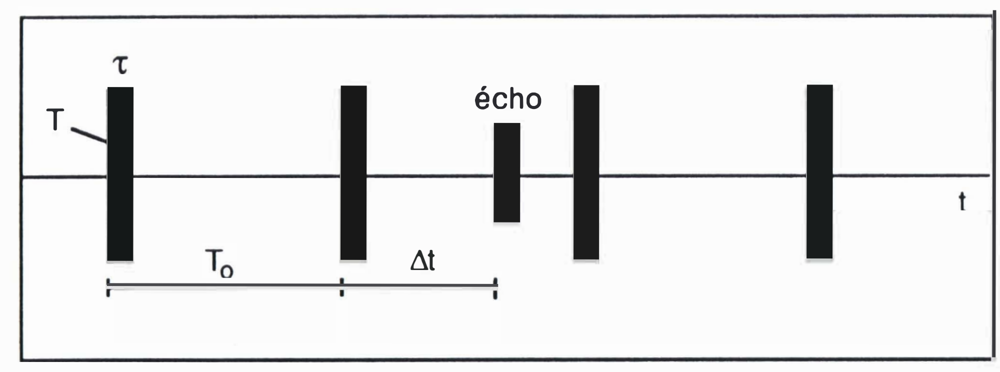


Figure 5: La détermination des distances est ambiguë pour une seule valeur de T_o.

Considérons une onde de période T, découpée en une suite d'impulsions qui se répètent avec une période T_o. Dans ce cas, on peut seulement affirmer que la *distance réelle* $D = d + nd_o$, où $d_o = cT_o/2$ et n = 0, 1, 2,... On peut émettre cependant de manière successive plusieurs trains d'ondes, avec des intervalles différents: T_o, T_1, T_2,... Cela fournit des "distances ambiguës maximales" d_o, d_1, d_2,... et un ensemble d'équations $D = d+n_od_o = d+n_1d_1 = d+n_2d_2$... Trois trains d'ondes seraient suffisants pour déterminer la valeur de d, si l'on était certain qu'il y a un seul réflecteur. Un F-16 doit évidemment pouvoir discerner différents réflecteurs. Leur nombre résulte d'un compromis. Le système APG-66 des F-16 utilise 8 trains d'ondes de 64 impulsions, envoyés à 8 fréquences de récurrence différentes. En pratique, on ne résout pas des équations, mais on détermine D au moyen d'un corrélateur électronique qui détecte simplement des coïncidences. Ce conditionnement analogique est robuste et suffisant.

La vitesse maximale mesurable

Puisque les F-16 sont dotés d'un *radar Doppler à impulsions,* on est confronté à une seconde difficulté. Elle concerne la mesure des vitesses. Revenons en effet au cas simple, où le radar émet de manière *continue* une onde sinusoïdale de fréquence F. Le spectre des fréquences serait alors constitué d'une seule raie infiniment mince. Elle correspondrait à la fréquence F et il suffirait de mesurer le changement ΔF de cette fréquence pour déterminer la vitesse v. La réalité est un peu plus compliquée, puisqu'il faut utiliser une série de trains d'ondes si l'on veut également mesurer la distance du réflecteur.

Le radar des F-16 émet une onde de fréquence F qui se situe dans le domaine des GHz (la période $T \approx 10^{-9}$ s), mais cette *onde porteuse* est modulée en amplitude, pour former une suite d'impulsions rectangulaires de faible durée (largeur $\tau \approx 10^{-6}$ s). Admettons pour l'instant qu'il y ait une suite infinie d'impulsions qui se succèdent à des intervalles réguliers ($T_o \approx 10^{-3}$ s). La *fréquence de récurrence* $f_o = 1/T_o$ se situe alors dans le

domaine des kHz. Dans ce cas, on ne peut plus dire que l'onde est monochromatique ! On obtient *une raie élargie,* constituée d'un ensemble de raies, séparées les unes des autres de f_0. Comme le montre la figure 6, l'enveloppe des amplitudes est donnée par une fonction qui est maximale pour la fréquence F et décroît avec des rebondissements. On peut calculer l'enveloppe (elle varie comme la valeur absolue de sinx sur x). Sa largeur caractéristique est égale à $1/\tau$.

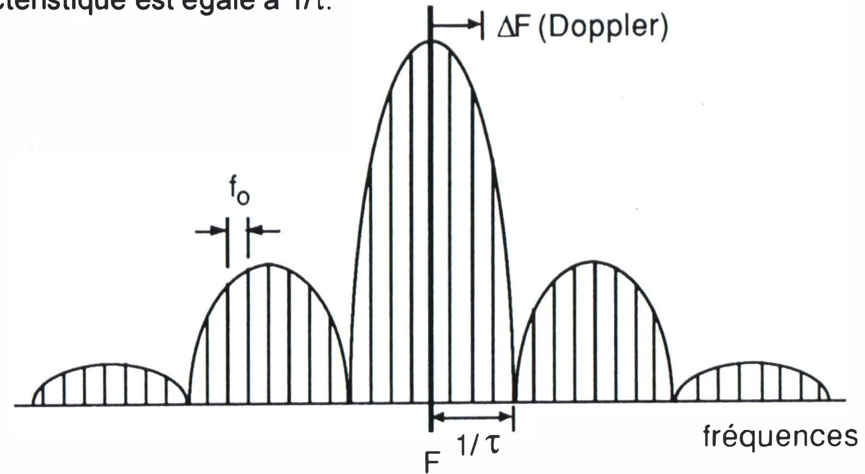


Figure 6: Le spectre des fréquences d'un train d'ondes et le changement de fréquence ΔF qui résulte de l'effet Doppler. Il faut que ΔF soit limité pour éviter une ambiguïté des vitesses.

Nous savons qu'il faut envoyer différents trains d'impulsions pour arriver à lever l'incertitude sur les distances. Si chaque train d'impulsions est limité à N éléments, les raies internes du spectre des fréquences sont élargies, mais N est assez grand pour que nous puissions les représenter par des raies très minces (figure 6). L'importance de ce qui précède résulte du fait que l'effet Doppler produit un glissement de tout le spectre des fréquences. Il se pourrait donc que le déplacement ΔF soit supérieur à f_0. Cela dépendra de la grandeur de la vitesse v, mais quand ΔF est égal à un multiple de f_0, le spectre du signal reçu coïncide avec le spectre du signal émis. Tout se passe comme si la vitesse v était nulle.

Puisqu'on doit tenir compte aussi bien des "cibles" qui s'écartent du F-16 que de celles qui s'en approchent, on exigera que ΔF se situe entre $\pm f_0/2$. On doit donc renoncer à la mesure des vitesses qui dépassent une certaine valeur v_m. Cette *vitesse relative maximale* est déterminée par la relation $f_0/2 = (2v_m/c)F$. Puisque la longueur d'onde de l'onde porteuse est $\lambda = c/F$, on a $v_m = f_0\lambda/4$. Pour pouvoir mesurer des vitesses élevées, il faudrait que la fréquence de récurrence f_0 soit élevée, mais il y a une objection. La distance ambiguë maximale $d_m = c/2f_0$ serait très petite, si f_0 était très grand. Il faudrait beaucoup de trains d'ondes différents pour lever l'ambiguïté en distance.

On doit donc accepter un compromis: la valeur de f_0 sera ni trop grande ni trop petite. Il suffit que la vitesse relative maximale v_m soit assez élevée pour ne pas être dépassé par la technologie du moment. Pour les F-16, la vitesse relative maximale v_m est de l'ordre de 600 noeuds[6]. Puisque la vitesse *absolue* par rapport au sol est calculée, elle peut être plus élevée, mais il y a une limite.

L'extraction des échos recherchés et l'élimination des autres

Il est vital pour le pilote qu'il puisse se fier à son radar. Ce système doit donc capter et présenter les échos provenant d'avions, en rejetant les échos anormaux. La figure 7 illustre la situation pour un vol horizontal. Le faisceau radar peut toucher par exemple l'avion 1 qui se trouve à une distance d du F-16 et qui s'en approche avec une vitesse relative v quand il est pourchassé. Nous savons qu'il peut y avoir des rétrodiffusions quand le faisceau radar éclaire une masse d'air humide H ou quand il touche le sol en S, par exemple. Cet endroit s'approche du F-16 à une vitesse v_s que l'ordinateur calcule à partir d'autres données (la vitesse et l'altitude du F-16, ainsi que l'orientation du faisceau).

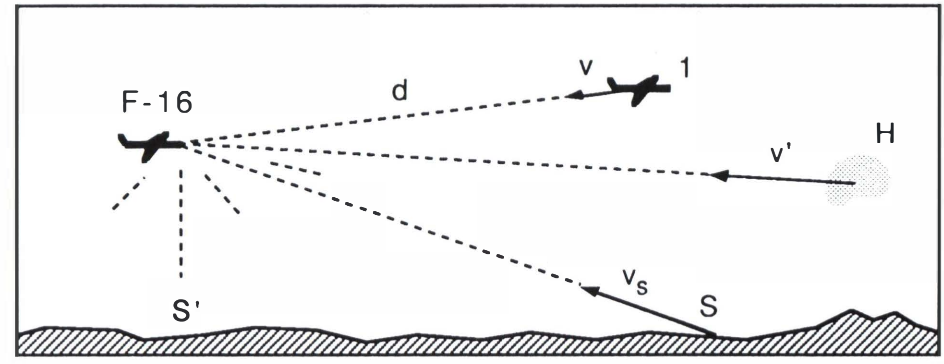


Figure 7: Les sources possibles d'échos radar pour un chasseur F-16.

En plus du faisceau formé par le lobe principal de l'antenne, il y a des *lobes secondaires.* L'émission et la réception y sont nettement plus faibles, mais ils peuvent capter des échos venant de différents endroits du sol, aussi bien derrière que devant l'avion, les vitesses relatives étant comprises entre plus et moins la vitesse de l'avion par rapport au sol. La probabilité de ce type de détection est la plus grande pour la partie S' du sol, située juste au-dessous de l'avion, puisque la distance à parcourir y est la plus courte. L'intensité du signal reçu varie en effet comme $1/d^4$ (à cause de la divergence des rayons émis et diffusés). La vitesse relative de S' est nulle.

L'ordinateur analyse les signaux qu'il capte au fur et à mesure de leur arrivée, afin d'en extraire les informations utiles et d'en éliminer les échos perturbateurs. Puisque le chasseur F-16 peut se trouver en présence de plusieurs avions, il doit pouvoir séparer ces échos. Il le fait au moyen des paramètres mesurés: *la distance et la vitesse relative.* Pour un train d'onde

donné, il s'agit de la distance ambiguë d et de la vitesse radiale v, comprise entre $-v_m$ et $+v_m$. Le signe est positif pour une vitesse d'approche (closing speed). Le radar peut donc réaliser une classification des échos dans un plan d-v, comme le montre la figure 8.

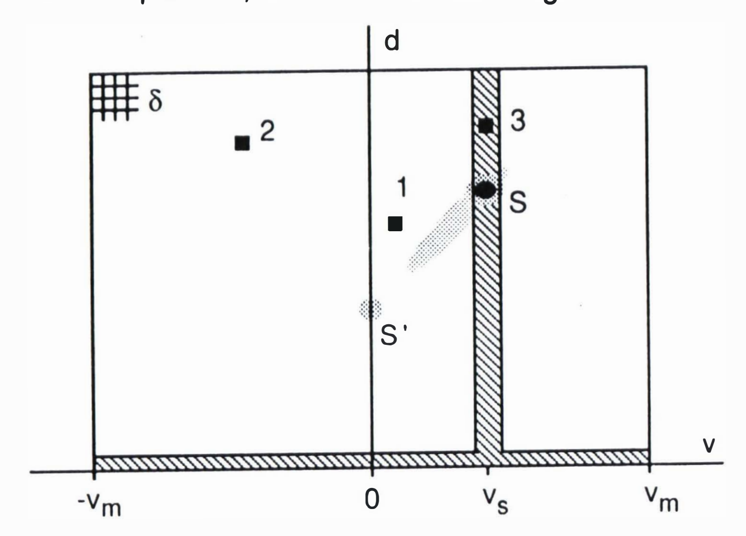


Figure 8: Classification des échos radar dans le plan d-v.

En fait, pour une orientation donnée du faisceau, le radar analyse d'abord la portion du signal qui a été renvoyée le plus rapidement et ensuite, des portions qui arrivent de plus en plus tardivement. Cela correspond à des distances croissantes. L'échantillonnage est réalisé de telle manière que le domaine des distances possibles d est découpé en portions de même largeur δ. Elle est déterminée par la largeur τ des impulsions individuelles, puisqu'il est impossible de séparer les impulsions les unes des autres, si les durées d'un aller-retour ne diffèrent pas au moins de $\tau/2$. Le plus petit intervalle de distance mesurable sera donc $\delta = c\tau/2$. On ouvre l'une après l'autre des "portes de distance" de cette largeur. Puisque la distance maximale d_m dépend de la fréquence d'échantillonnage f_o, on se contente d'imposer un nombre maximal de portes de distance juxtaposées, pouvant aller jusqu'à 128.

Pour chacune de ces portes de distance, c'est-à-dire pendant un laps de temps très bref, l'ordinateur examine l'ensemble des impulsions qu'il reçoit en retour pour le train d'onde qui vient d'être envoyé. Il détermine les vitesses relatives v des différents réflecteurs, en mesurant les changements de fréquence ΔF. Cela se fait au moyen d'un processeur électronique et d'un banc de filtres qui découpent directement le spectre des fréquences en 64 parties de même largeur. On obtient ainsi une certaine intensité du signal pour 64 *portes de vitesse,* en déterminant aussi le signe. On définit donc un ensemble de "cases" pour une portion limitée du plan d-v. Quelques-unes de ces cases sont indiquées dans le coin supérieur gauche de la figure 8.

Les intensités du signal pour l'ensemble des cases créées dans le plan d-v définissent une *matrice* qui contient toutes les informations reçues. La répartition des intensités peut présenter des maxima pour des cases qui correspondent à des "cibles" différentes. Les points 1 et 2 en sont des exemples, mais il y aura aussi une répartition d'intensités relativement importantes pour des réflecteurs situés au sol (ground clutter). Ce "fouillis" est représenté sur la figure 8 par la plage en gris clair, avec des renforcements pour l'endroit (S) où le lobe principal touche le sol et pour l'endroit (S') qui se trouve à la verticale de l'avion (figure 7). Nous avons déjà noté que l'ordinateur peut calculer la vitesse relative v_s de l'endroit (S) où le lobe principal touche le sol, mais la distance peut dépendre du relief. On élimine donc tous les échos qui ont des vitesses assez proches de v_s. Cela correspond à une bande verticale sur la figure 8. On écarte aussi une bande horizontale près de d = 0.

En fait, on ne commence l'analyse qu'à partir d'une certaine distance et on impose une transposition (électronique) de tout le spectre des fréquences, de telle manière qu'il suffit de couper ensuite les fréquences proches de zéro. Ce filtrage se réalise d'une manière *dynamique,* en utilisant constamment la valeur instantanée de v_s. Autrement dit, la bande verticale de la figure 8 est déplacée en fonction de la situation de l'avion en vol et de l'orientation instantanée du faisceau. La largeur de cette bande est choisie de telle manière qu'on élimine aussi des échos provenant de réflecteurs mobiles (voitures, trains,...). Le filtrage est assuré par le "suiveur de fouillis" et le "suppresseur de fouillis", mais on prend des précautions pour ne pas éliminer des échos provenant d'avions, comme ce serait normalement le cas pour le point 3 de la figure 8.

On réalise donc pour chaque ligne du plan (d,v) un filtrage plus subtil, régi par *un seuil adaptatif.* Pour cela, on groupe trois cases adjacentes et on retient le signal pour une des cases, s'il y est plus intense que la valeur moyenne dans les deux autres cases, multiplié par une constante modifiable. C'est une procédure générale qui réduit les effets du bruit et permet de maîtriser le fouillis des lobes secondaires. Pour lever l'ambiguïté des distances, on compare ensuite les résultats obtenus pour différents trains d'ondes. Cette procédure est rapide et efficace, mais nous nous demandons ce qui pourrait se passer pour une masse d'air humide (H). Puisqu'un nuage invisible est pratiquement immobile par rapport au sol, la grandeur de sa vitesse v' par rapport au F-16 est proche de la vitesse v_s de la portion du sol que le faisceau éclaire en même temps. *L'écho devrait être éliminé,* à moins que...

La vitesse Doppler d'un nuage invisible est modifiée

En 1994, j'ai réalisé que le radar des F-16 peut être induit en erreur, parce que le concept usuel de l'effet Doppler n'est pas assez général. On a l'habitude de considérer un réflecteur unique, comme sur la figure 3, mais la rétrodiffusion des ondes radar par un nuage invisible conduit à une situation plus compliquée. Examinons ce problème d'une manière simple,

mais rigoureuse. Si l'on préfère, on peut passer directement au titre suivant, bien que l'argumentation que je présente ici soit capitale pour évaluer les faits observés.

Considérons un faisceau radar qui traverse une suite de surfaces où l'humidité relative de l'air varie pratiquement de manière discontinue. Ces surfaces sont situées à des distances L_1, L_2, L_3,.. L_N du radar (figure 9). Nous supposons qu'elles sont perpendiculaires à la direction du faisceau, que l'humidité est homogène dans chacune des portions intermédiaires et qu'elle est négligeable devant L_1 et derrière L_N. Ce modèle est simple et met en évidence tout ce qui est essentiel. Comme l'indique la figure 9, l'onde incidente subit une *réflexion partielle* à toutes les interfaces.

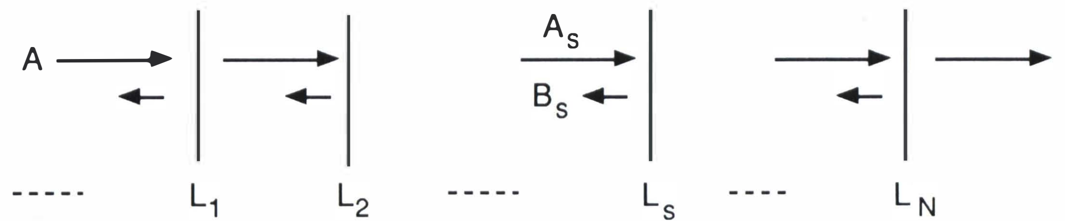


Figure 9: Réflexions partielles à des surfaces où la vitesse de propagation varie brusquement.

La vitesse de propagation des ondes radar est constante dans *chacune* des portions considérées. La grandeur de la vitesse y est donnée par c/n, où c est la vitesse des ondes électromagnétiques dans le vide, tandis que n est *l'indice de réfraction.* On peut dire que $n = 1+\varepsilon$, où ε est très petit par rapport à 1, mais proportionnel à la densité des molécules d'eau. A chacune des interfaces où le degré d'humidité varie brusquement, on doit considérer une onde incidente, une onde réfléchie et une onde transmise. Les intensités respectives sont déterminées par deux conditions de raccordement, exprimant le fait que l'énergie et le flux d'énergie doivent avoir une valeur unique.

Considérons ce qui se passe à la distance L_S. Devant cette interface, l'indice de réfraction est $1+\varepsilon_S$ et derrière cette interface, il est $1+\varepsilon_{S+1}$. L'amplitude de l'onde réfléchie est alors $B_S = a_S A$, où a_S est égal à la moitié de la différence entre les indices de réfraction devant et derrière l'interface. Ceci peut être démontré à partir des conditions de raccordement pour une incidence normale et $n \approx 1$. Il en résulte que $a_S = (\varepsilon_S - \varepsilon_{S+1})/2$. Bien que ce coefficient soit très petit, nous le retenons, puisqu'il ne faut pas l'ajouter à un terme beaucoup plus grand. Ce n'est pas le cas pour l'onde transmise. Sa modification est négligeable. En pratique, $A_S = A$ et cela pour chacune des interfaces. Les ondes réfléchies traversent également les interfaces sans modifications, bien qu'en général, il faudrait considérer des réflexions multiples. Le radar reçoit donc *la somme des ondes réfléchies aux différentes interfaces.*

Le résultat dépend des intensités des "ondes partielles" et de leurs phases respectives. En général, il y aura des *interférences.* L'onde

réfléchie en L_S aura parcouru une distance égale à $2L_S$, en effectuant un aller-retour. La vitesse de propagation est partout pratiquement égale à c. Le déphasage de l'onde réfléchie en L_S par rapport à l'onde émise est donc égal à $\phi_S = (\omega/c)2L_S$. Si l'on pose A = 1, on peut représenter chacune des ondes réfléchies par un petit vecteur de grandeur a_S, tournant à la même vitesse angulaire ω que le vecteur caractéristique de l'onde émise, mais avec un déphasage ϕ_S. Tous ces vecteurs s'ajoutent les uns aux autres, comme le montre la figure 10.

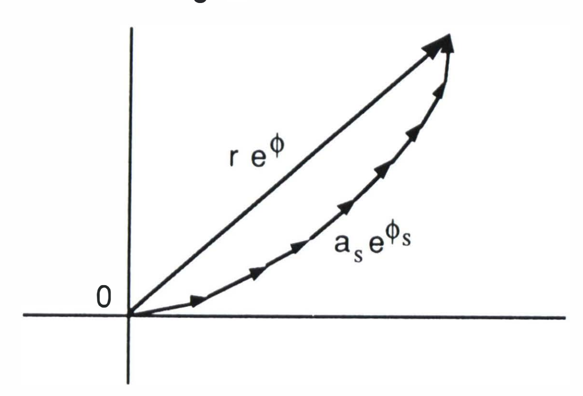


Figure 10 : Les ondes réfléchies peuvent interférer d'une manière assez constructive.

Les petits vecteurs pourraient être très nombreux et juxtaposés dans n'importe quel ordre, mais pour la clarté j'en ai représenté seulement un petit nombre et je les ai placés dans un ordre tel que l'angle de phase augmente progressivement. La somme de tous ces vecteurs est un vecteur de grandeur r et de phase ϕ. Le radar ne fait pas de différence entre la somme d'un grand nombre d'ondes réfléchies à différents endroits et une onde renvoyée par un réflecteur unique. Il suffit maintenant de considérer la figure 10, pour que tout ce qui est essentiel "saute aux yeux".

Il faut que la grandeur r du vecteur résultant soit assez grande pour que le radar puisse détecter le signal renvoyé. Ce ne sera pas toujours le cas, puisque les petits vecteurs peuvent avoir des orientations quelconques. Ceci s'applique également à des installations radar *au sol.* Les radars militaires sont dotés d'un faisceau assez fin, mais ils ont une grande sensibilité ou capacité de discrimination par rapport au bruit. Ils captent donc ces échos, mais pas à chaque tour de l'antenne. Les radars aéroportés les captent également de temps en temps. L'intensité du signal reçu sera maximale quand tous les petits vecteurs sont alignés, mais la vitesse Doppler dépend de la dérivée $d\phi/dt$ et donc des variations instantanées des orientations des petits vecteurs!

Considérons le cas d'une seule masse d'air humide homogène, caractérisée par $n = 1+\varepsilon$. Il y aura des réflexions partielles à l'entrée (avec $a_1 = -\varepsilon/2$) et à la sortie (avec $a_2 = \varepsilon/2$). Le résultat de la superposition est nul quand les deux petits vecteurs sont opposés, ce qui arrive quand

$\phi_1 = \phi_2 = 0$ (ou un multiple entier de 2^1). La somme est maximale par contre quand ϕ_1 et ϕ_2 diffèrent de ^{1} (ou d'un multiple impair de ^{1}). D'une manière générale, quand il y a un grand nombre de réflexions partielles, la phase ϕ du vecteur résultant sera *très sensible aux phases* ϕ_s des petits vecteurs. Cela peut s'écrire de manière analytique, puisque le dessin de la figure 10 est équivalent à la somme

$$r\, e^{i\phi} = a_1 e^{i\phi_1} + a_2 e^{i\phi_2} + \ldots + a_n e^{i\phi_n} = \sum_s a_s e^{i\phi_s}.$$

S'il suffisait de considérer la somme des coefficients a_s, on pourrait dire qu'elle est nulle (puisque qu'on monte ou descend à chaque pas pour revenir finalement à zéro), mais il faut tenir compte des valeurs de ϕ_s. La vitesse Doppler v est définie par $d\phi/dt = (2v/c)\omega$. Si l'on suppose que les coefficients a_s restent pratiquement constants, tandis que les longueurs L_s varient à la vitesse v_s, il suffit de dériver l'expression ci-dessus pour voir que *la vitesse Doppler* est déterminée par la relation

$$v \left(\sum_s a_s e^{i\phi_s}\right) = \sum_s v_s a_s e^{i\phi_s}.$$

Si toutes les vitesses étaient identiques ($v_s = v'$), il en résulterait que la vitesse instantanée serait égale à la vitesse du déplacement global ($v = v'$). C'est le cas d'une "cible dure", mais nous considérons celui d'une "cible molle", susceptible de se déformer en de nombreux endroits. *La vitesse Doppler d'un nuage invisible n'est donc pas nécessairement égale à sa vitesse moyenne.*

Il faut considérer la vitesse Doppler instantanée

Le résultat essentiel est que le radar reçoit un signal qui est la somme de toutes les ondes réfléchies en des endroits où l'humidité de l'air varie assez brusquement. Cela donne lieu à des interférences ! L'intensité du signal résultant détermine *la probabilité de détection,* tandis que la *vitesse Doppler* du nuage invisible est déterminée par la variation instantanée de la phase ($d\phi/dt$).

A première vue, on pourrait penser que même des turbulences assez violentes à l'intérieur d'une masse d'air humide n'auraient aucune importance, puisque la valeur moyenne des écarts par rapport à la vitesse moyenne devrait s'annuler. Il m'est revenu indirectement que Jean-Pierre Petit utilisait cet argument, mais il n'est pas correct. En effet, le radar des F-16 détermine la vitesse Doppler au moyen des mesures effectuées pendant un intervalle de temps extrêmement petit. Il est *infinitésimal* par rapport à l'échelle de temps qu'il faudrait considérer pour obtenir une valeur moyenne.

Quand on considère seulement la *probabilité de détection,* il faut considérer par contre la valeur moyenne de la grandeur r du vecteur

résultant sur la figure 10 , en supposant que les petits vecteurs varient d'une manière aléatoire. On peut démontrer que la distribution des probabilités pour aboutir après N déplacements aléatoires à telle ou telle distance r du point de départ correspond à une "courbe en cloche" de Gauss, centrée sur le point de départ, mais le déplacement moyen après N pas n'est pas nul. Il augmente au contraire, pour des pas de même grandeur et d'orientation quelconque, comme la racine carrée de N. Un marin qui se déplace en étant complètement soûl, tend à s'écarter de son point de départ. Il en est de même pour le "mouvement brownien", c'est-à-dire le déplacement moyen d'une particule très petite, mais visible au microscope optique, quand elle est bousculée par l'agitation thermique du fluide qui la contient.

Le radar d'un F-16 ne parvient pas toujours à détecter l'onde renvoyée par un nuage invisible, parce que les ondes partielles qui sont renvoyées aux endroits où l'humidité varie brusquement peuvent interférer de manière destructive. Quand il détecte un signal, il attribuera à la source de l'écho une distance réaliste (déterminée par le temps de parcours des impulsions), mais une vitesse *instantanée* qui est en général différente de la vitesse moyenne (v' sur la figure 7). Cet écho ne sera pas toujours éliminé par le filtrage électronique, défini par la bande verticale de la figure 8.

Raisonnements apparentés

J'ai été amené à développer cette théorie pour résoudre le problème posé par les enregistrements radar des F-16 au cours de la nuit du 30/31 mars 1990. Je n'avais rien vu de semblable, mais je n'exclus pas que cela puisse exister. Si c'était le cas, je serais ravi de l'apprendre. J'ai présenté cette argumentation et en particulier les deux dernières relations analytiques le 27 mars 1994 à *Philip Klass.* Cet auteur américain, coéditeur de la revue *Aviation Week & Space Technology,* s'oppose d'une manière acharnée à l'idée que le phénomène OVNI puisse être réel et poser des questions plus fondamentales que celles qu'il envisage. D'après lui, toutes les observations d'OVNI *doivent* être explicables au moyen de processus naturels ou des erreurs de perception ou même simplement des effets de l'imagination.

Philip Klass me demandait de lui céder l'enregistrement radar des F-16, pour qu'il puisse le soumettre à des spécialistes de Westinghouse, le constructeur du radar des F-16. Je lui ai répondu que ce film appartient à la FAB, mais je lui ai communiqué le résultat de mon analyse. Je n'ai jamais eu de réaction de sa part, probablement parce que j'avais ajouté que la vague belge était quand même à prendre au sérieux, à cause des nombreuses observations visuelles rapprochées.

J'ai trouvé tout récemment un livre[18] qui résume la théorie usuelle pour les "anges radar dans une atmosphère transparente". On y fait également appel à des variations de l'indice de réfraction par suite de la présence de vapeur d'eau (I.396), mais on se limite au problème de *la détection.* On affirme que l'intensité du signal rétrodiffusé est proportionnelle à *la valeur moyenne du carré des fluctuations de l'indice de réfraction.* Ce n'est pas la

moyenne des fluctuations, mais de leurs carrés. Elle n'est donc pas nulle pour des fluctuations aléatoires!

Un autre chapitre du même livre[19] est consacré aux résultats obtenus pour *l'étude des précipitations au moyen d'un radar Doppler à impulsions.* Chacune des gouttes de pluie conduit à une faible rétrodiffusion de l'onde radar et la sommation de toutes ces ondes donne également lieu à des interférences. Il était impressionnant pour moi de voir qu'on avait effectivement mesuré des spectres pour la vitesse Doppler des gouttes de pluie, mais les fluctuations sont petites (quelques m/s). Si j'avais connu ce résultat en 1994, je n'aurais peut-être pas jugé utile d'avancer l'explication proposée, puisque des modifications de la vitesse Doppler instantanée aussi faibles n'auraient pas suffi pour déjouer les filtres électroniques des radars des F-16.

Notons cependant que les vitesses de chute des gouttes de pluie dépendent surtout de leurs tailles qui ne varient que dans de faibles proportions. Pour des réflexions partielles par des nuages invisibles, il faudra considérer les mouvements instantanés de groupes de molécules à l'échelle du millimètre. Je ne peux pas dire *a priori* quel devrait être l'ordre de grandeur des fluctuations de la vitesse Doppler instantanée. Il doit être déterminé à partir des faits observés. C'est ce que nous ferrons au chapitre suivant.

Bien que le modèle que j'ai présenté pour rendre compte des mystérieux enregistrements radar des F-16 était apparemment osé, il apparaît maintenant qu'il n'était pas extravagant. Il a surtout l'avantage d'être conceptuellement plus simple que le modèle habituel, où l'essentiel se cache derière une formule. Il permet de comprendre facilement pourquoi la vitesse Doppler instantanée n'est pas la vitesse moyenne. Le modèle des turbulences a été utilisé pour rendre compte de la rétrodiffusion par les surfaces supérieures et latérales des "bulles de convection" dans une atmosphère optiquement transparente[20]. On a même construit des radars Doppler spécialement adaptés à ce type de mesures[21], puisque les fluctuations de l'indice de réfraction sont "d'excellents traceurs de la structure et de la dynamique atmosphérique". Passons maintenant à la confrontation entre la théorie et l'expérience.

3. Les enregistrements radar des F-16

Le troisième verrouillage

C'est le plus long et le plus significatif, celui que le général De Brouwer a présenté à la presse. La figure 11 fournit l'ensemble des données enregistrées, aux instants où les valeurs indiquées de manière digitale ou analogique (par chiffres ou curseurs) étaient modifiées. Nous voyons que la grandeur de la *vitesse* par rapport au sol s'est accrue, pour atteindre finalement une valeur énorme: plus de 1800 km/h, tandis que les chasseurs F-16 volaient à environ 740 km/h. Il est encore plus étonnant que la source des échos radar non identifiés aurait atteint des vitesses

aussi élevées quand elle descendait à très basse altitude. On ne pouvait pas l'exclure pourtant, justement pour être réaliste. Il fallait qu'on envisage l'hypothèse d'une technologie inconnue.

Continuons donc l'analyse des données. Nous savons que la vitesse par rapport au sol est calculée, tandis que la *vitesse relative* par rapport au F-16 est mesurée par effet Doppler. Nous constatons cependant que les valeurs affichée présentent des variations linéaires, résultant d'une intervention de l'ordinateur. C'est logique, puisque le radar peut perdre la "cible" poursuivie, soit parce qu'elle se présente sous un angle défavorable, rendant la rétrodiffusion trop faible, soit parce que le faisceau doit continuer à explorer le ciel. L'écho peut même être éliminé par le suppresseur de fouillis ou disparaître quand la vitesse relative est nulle (trajectoires perpendiculaires). Il arrive même que les ambiguïtés ne puissent pas être levées (blind zones[17]). Il faut donc que le radar soit capable de retrouver la "cible" dont il a perdu la trace. On a donc prévu *une extrapolation linéaire* des derniers résultats de mesure. Elle est effectuée par le "prédicteur de Kalman".

Les résultats sont affichés, sans distinction entre calculs et mesures, pour que le pilote sache à quoi il doit s'attendre. L'ordinateur se sert d'ailleurs de ses prévisions, pour renforcer la recherche dans une *fenêtre* appropriée. On parle donc aussi d'un "filtre de Kalman". J'en avais fait la connaissance en analysant les données des radars militaires au sol (I.361). M. Gilmard[6] a vérifié que les valeurs affichées pour la vitesse relative changeaient parfois assez nettement quand le radar des F-16 passait au mode "search". Il le fait automatiquement pour scruter le ciel, en analysant les données qu'il reçoit avec une sensibilité accrue dans une fenêtre déterminée par le filtre de Kalman. Quand le radar n'y trouve rien pendant un certain temps, il termine la recherche.

Ceci permet de comprendre l'évolution générale des données de la figure 11. Il y a eu des mesures réelles, malgré les extrapolations, mais les grandeurs mesurées (vitesse relative, azimut, élévation et distance au F-16) varient de manière progressive, parce que la recherche s'est poursuivie dans une fenêtre qui se déplace en fonction des dernières données reçues. Cela tend à produire des corrélations, même s'il s'agit uniquement d'échos anormaux, résultant d'une présence de vapeur d'eau à différents endroits. *Les échos individuels ne sont pas fictifs, mais leur enchaînement est illusoire.*

Pourquoi ces échos anormaux n'ont-ils pas été éliminés s'ils proviennent de masses d'air humide? A cet égard, il est essentiel de se référer aux valeurs mesurées pour la vitesse relative. La série des mesures a été initialisée à 400 noeuds. C'est la vitesse nominale des F-16 par rapport au sol, mais d'après les pilotes elle a pu varier entre 350 et 450 noeuds (sans postcombustion). Nous ne connaissons pas la vitesse du second F-16 au moment où il a effectué cette mesure. D'autres mesures (débuts des variations linéaires) fournissent des valeurs plus basses. Ceci est compatible avec l'idée que le radar a mesuré des vitesses Doppler

instantanées *différentes* de la vitesse moyenne. Notons cependant qu'il s'agit toujours d'une vitesse d'approche (v est positif) et que l'écart moyen n'est "que" de l'ordre de 100 noeuds. C'est énorme par rapport aux fluctuations possibles pour les vitesses Doppler des gouttes de pluie, mais ne semble pas être impossible et cela explique en tout cas le fait que ces échos ne pouvaient pas être éliminés par le suiveur et le suppresseur de fouillis.

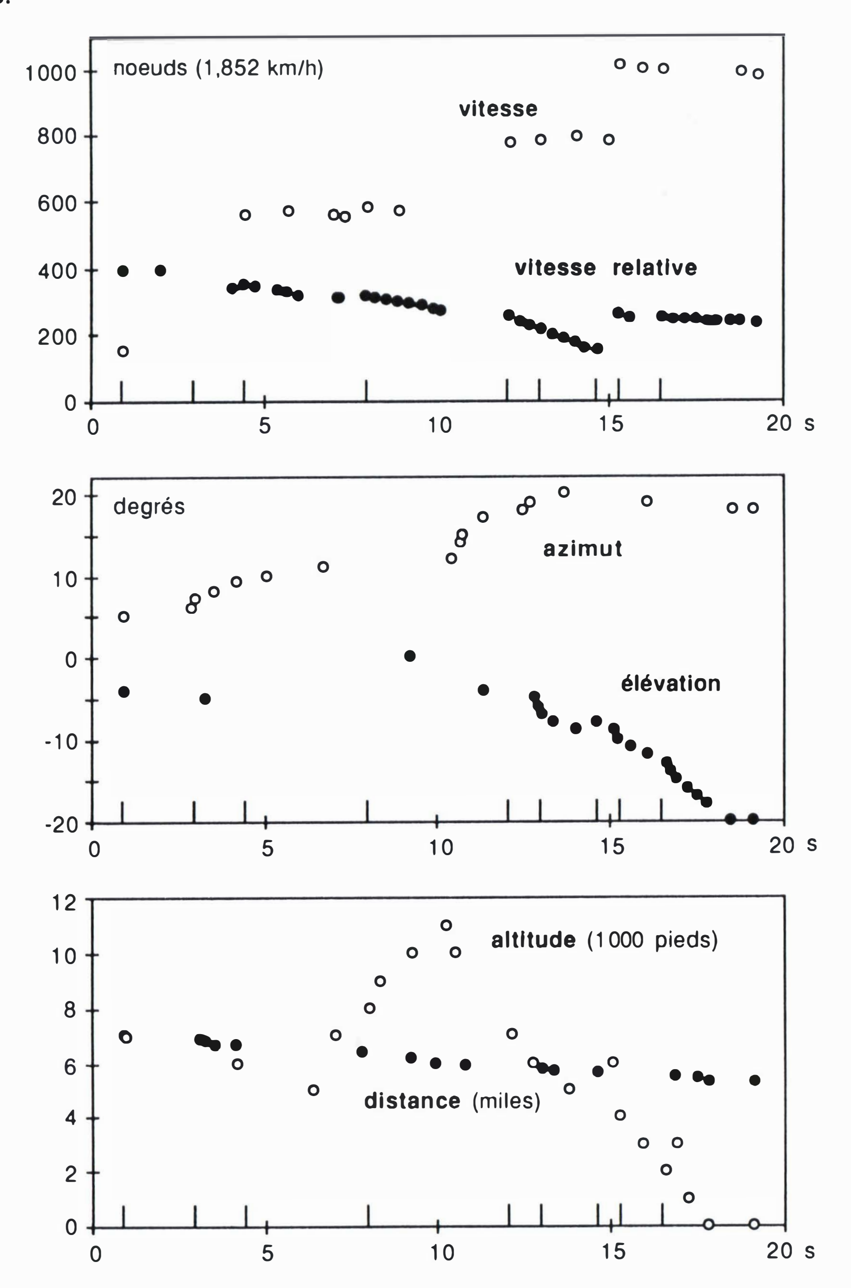


Figure 11 : Les valeurs des paramètres enregistrés pendant le verrouillage # 3.

Des corrélations verticales entre toutes les données indiquent que des mesures réelles pourraient avoir été effectuées aux instants qui sont indiqués par des petits traits au-dessus des échelles inférieures de la figure 11. Le nombre de ces nouvelles acquisitions de données est plus élevé que je ne le pensais (II.405), mais il reste limité. La dernière partie de l'enregistrement correspond à des altitudes très basses, ce qui est acceptable s'il y avait une colonne convective ascendante ou simplement des variations de l'humidité à différentes endroit, détectés à cause d'une sensibilité accrue.

La contre-épreuve

Le pilote du second F-16 pouvait suivre le premier F-16 sur son écran radar et il en fait des enregistrements. La figure 12 montre que la vitesse relative était presque nulle pour les enregistrements 8 et 10. Notons qu'il y a également des séquences linéaires, impliquant des phases de recherche. Les deux F-16 ont effectivement tourné l'un par rapport à l'autre.

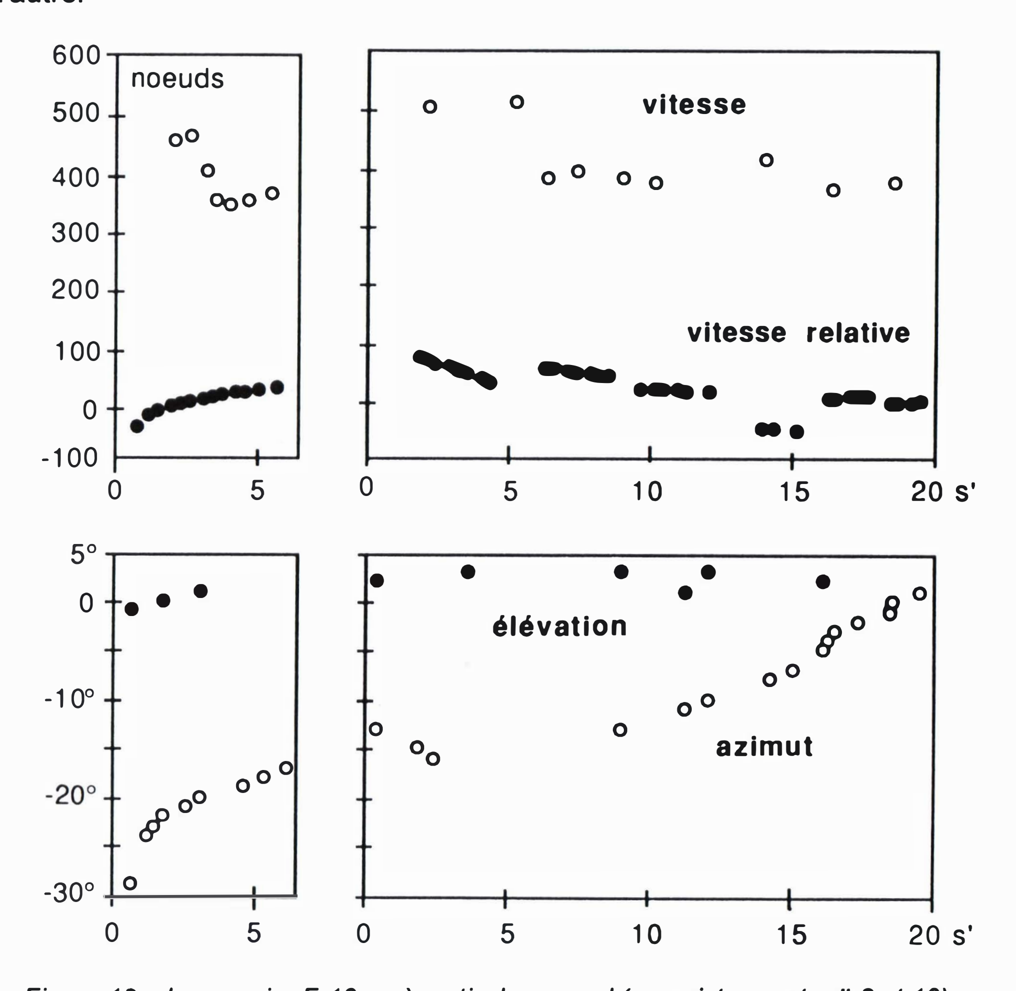


Figure 12 : Le premier F-16 vu à partir du second (enregistrements # 8 et 10).

La figure 13 montre que la vitesse relative est assez élevée pour le neuvième enregistrement. C'est probablement la raison pour laquelle on ne m'avait pas averti du fait qu'il s'agissait également du premier F-16, mais cela a été confirmé par la suite. Le second F-16 semble avoir voulu rattraper le premier. Celui-ci volait déjà à moins de 400 noeuds et au cours de cet enregistrement, la distance s'est réduite de 6 à 5 miles. Pour les figures 12 et 13, l'unité de temps s' = 30/25 seconde, parce que les lecteurs américains et européens sont différents.

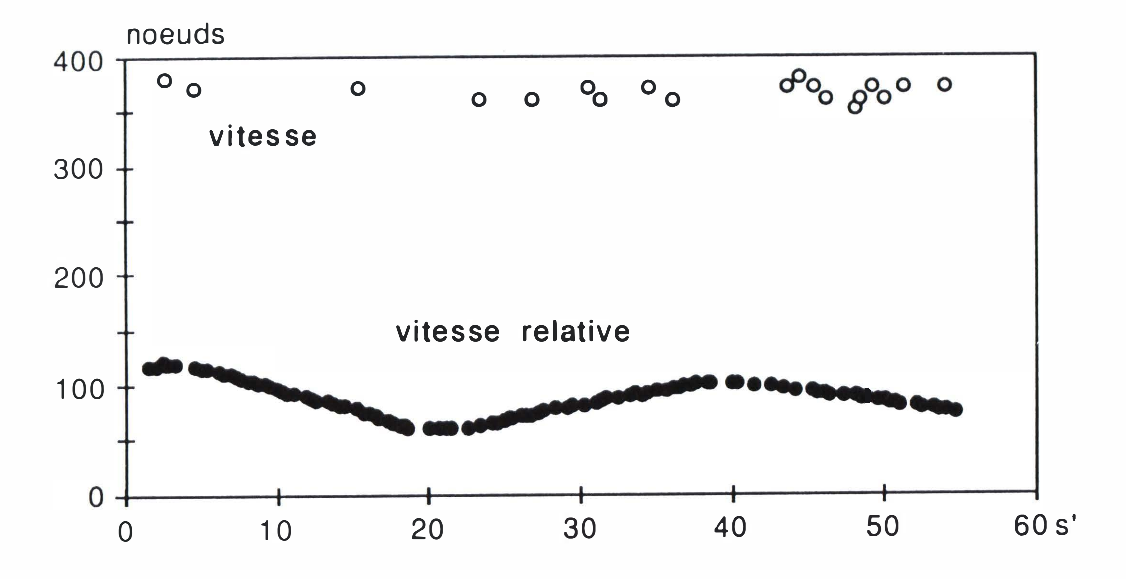


Figure 13 : L'enregistrement # 9 concernant le premier F-16.

Les fluctuations des vitesses Doppler

La figure 14 présente la *synthèse* de l'ensemble des données enregistrées, quand on ne retient que des mesures réelles (indiquées par des réinitialisations pour les échos anormaux) et quelques données représentatives pour les F-16. J'ai choisi deux paramètres significatifs: l'altitude de la source des échos et sa vitesse relative par rapport au F-16. Il apparaît clairement que les points de mesure constituent deux groupes distincts.

Un groupe, représenté par des *symboles ouverts,* correspond au premier F-16. Les pilotes essayaient de maintenir la même vitesse et une altitude proche de la valeur nominale, recommandée par le CRC de Glons. Les échos anormaux, représentés par des *symboles fermés,* forment un autre groupe. Puisque les points 1 et 7 correspondent l'un et l'autre à une seule mesure, suivie d'une extrapolation temporaire, leurs poids statistiques sont faibles. Je les ai quand même repris, sans préjuger de leur signification.

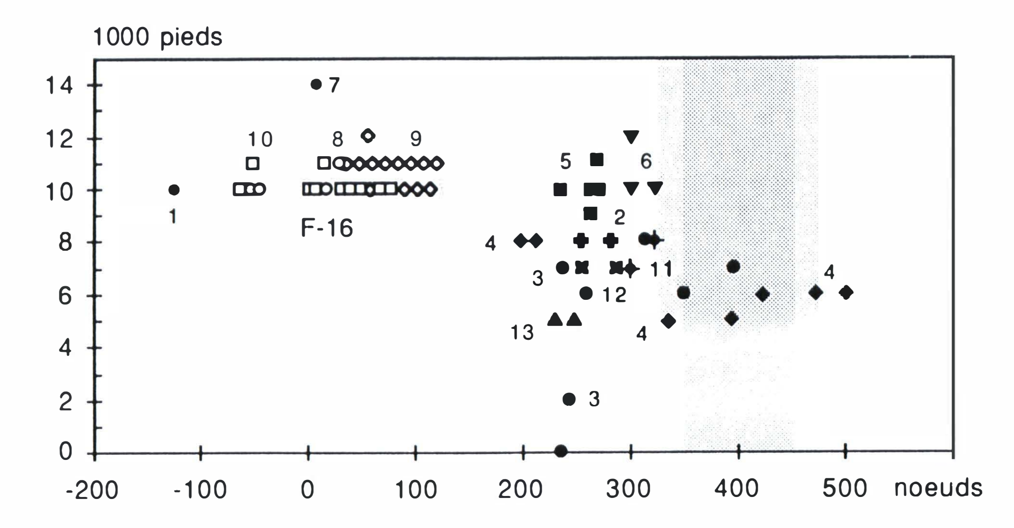


Figure 14 : La statistique des points de mesure pour l'altitude et la vitesse relative du premier F-16 (symboles ouverts) et les échos anormaux (symboles foncés).

L'altitude de la source des échos anormaux fluctue essentiellement entre 5 et 12 mille pieds, tandis que les vitesses relatives se situent en général entre 200 et 500 noeuds. La bande grise verticale définit le domaine des vitesses possibles des masses d'air humide par rapport au F-16, en tenant compte de la vitesse des avions (350 à 450 noeuds) et de la vitesse du vent (25 noeuds). Il apparaît clairement que les échos anormaux se situent presque toujours en-dehors de cette bande. Il peut y en avoir, cependant, parce que la vitesse du F-16 n'est pas connue au moment des interceptions. La figure 14 est donc en accord avec l'idée que la vitesse Doppler instantanée est en général différente de la vitesse moyenne. L'écart moyen est de l'ordre de 150 noeuds.

On peut s'étonner du fait que la distribution n'est pas symétrique par rapport à la vitesse moyenne attendue. Je suppose que cela résulte d'un balayage de la gauche vers la droite pour chaque ligne de la figue 8, c'est-à-dire pour chaque valeur particulière de d, avec une certaine constante de temps pour le filtrage au moyen du seuil adaptatif. Cela pourrait être vérifié par une expérimentation spécifique. Les constructeurs des radars pourraient s'assurer aussi de la possibilité que les échos provenant de nuages invisibles ont une *structure temporelle particulière.* Cela permettant de les discriminer et de les éliminer par une analyse électronique rapide, effectuée en parallèle.

Les nuages invisibles étaient distribués

La figure 14 confirme que les sources des échos anormaux présentent une dispersion des altitudes assez grande. L'altitude moyenne est plus

basse que celle des F-16 et que celle qui était indiquée à ce moment par le radar de Semmerzake (II.397). L'altitude est même parfois très basse, ce qui est compatible avec l'idée de traînées de convection. Les radars au sol attribueront à un groupe de nuages invisibles un écho unique, puisque la résolution est limitée. Il sera associé aux dômes des bulles de convection, où le signal est le plus fort. Les F-16 peuvent détecter par contre des masses d'air humide à différents endroits. La figure 14 indique en tout cas qu'il n'y avait *pas une seule masse d'air humide, bien localisée.* M. Gilmard[6] est arrivé à la même conclusion par une voie différente.

Il cherchait à déterminer *les lieux géographiques* des sources des échos pour les différentes tentatives d'interception. Il l'a fait en utilisant deux méthodes distinctes (II.401). La méthode *directe* se base uniquement sur les données enregistrées par le second F-16, en situant les sources des échos par rapport à la base de Beauvechain (plages vertes, anguleuses, sur la figure 10.4 du dossier photo du second rapport[5]). L'autre méthode est *indirecte* et plus imprécise, puisqu'elle combine les valeurs enregistrées pour l'azimut et la distance avec la trace du *premier F-16,* fournie par le radar de Semmerzake (plages bleues, arrondies). M. Gilmard en avait tiré trois conclusions:

1. "Aucune erreur grossière n'a été commise par la plate-forme d'inertie. En effet, pour calculer la position de la cible par rapport à Beauvechain, le radar ajoute à la position du F-16 que lui fournit la centrale inertielle, la position relative de la cible considérée...

2. Les positions des cibles ne semblent pas former une structure régulière. Cette observation nous permet d'affirmer que dans la mesure où les cibles correspondent effectivement à des objets matériels (ce qui n'est pas encore démontré), il est plus que probable que les différentes interceptions ne se rapportent pas à un seul objet !

3. Les interceptions 8, 9 et 10 sont relatives aux F-16. En vol de formation de nuit, observer son compagnon, afin de mieux garder ses distances ou bien afin de le suivre dans ses manoeuvres, est plus aisé au radar qu'à l'oeil nu."

Les verrouillages 8, 9 et 10 permettent de mieux apprécier les écarts fournis par les deux méthodes de calcul. Notons que M. Gilmard a écarté le premier contact, probablement parce qu'il était très court et parce qu'il impliquait un éloignement. Il ne subsiste alors que *neuf essais d'interception,* comme l'a affirmé le Major Lambrechts, sans autres précisions (I.226).

La deuxième conclusion de M. Gilmard résulte du fait que les "objets" détectés ont été localisés dans un grand rectangle au sud de Bruxelles, entre Leuven, Gembloux et Soignies (II. figure 10.4). Les F-16 étaient pourtant dirigés vers leur cible par le CRC de Glons (I.226). L'existence de différentes masses d'air humide qui sont séparées les unes des autres, comme cela arrive souvent pour des nuages visibles, rend compte des observations visuelles des gendarmes. Il suffit d'admettre que l'air humide était plus chaud que l'air environnant pour que cela donne lieu à des réfractions anormales de la lumière visible (II.408).

Puisque le radar des F-16 réalise une classification des échos à partir de la mesure des distances et vitesses relatives, j'ai également représenté les mesures dans le plan d-v. La figure 15 montre que la dispersion des points y est trop grande pour une élimination par le suiveur et suppresseur de fouillis.

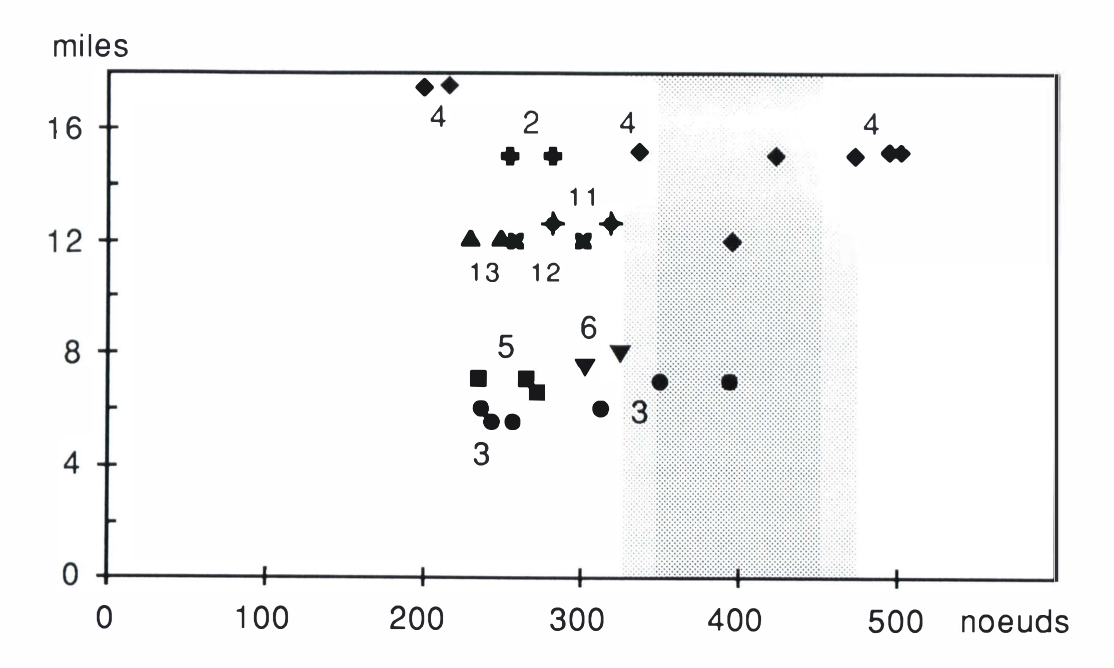


Figure 15: Les échos anormaux, caractérisés par la distance et la vitesse par rapport au F-16

Jusqu'à preuve du contraire, l'explication proposée pour les mystérieux enregistrements radar des F-16 reste donc logique et cohérente. Elle est fondée sur des concepts théoriques raisonnables et justifiés. En outre, elle est en accord avec *l'ensemble* des faits observés.

4. Le phénomène OVNI

Deux détections radar exceptionnelles

Ceux qui admettent *a priori* que le phénomène OVNI n'est pas réel sont peut-être ravis, puisqu'ils auront tendance à penser que si les F-16 n'ont détecté que des masses d'air humide, cela "prouve" qu'il n'y avait pas d'OVNI à détecter. Pour eux, il n'y en a jamais eu, mais cela ne tient pas compte des nombreuses observations d'OVNI, faites depuis longtemps dans le monde entier. Ce n'est même pas en accord avec ce qui s'est passé au cours de la nuit du 30/31 mars 1990. L'incident des F-16 m'a permis, en effet, de découvrir une trace que je ne peux pas expliquer de manière conventionnelle. C'est la trace linéaire de la figure 16.

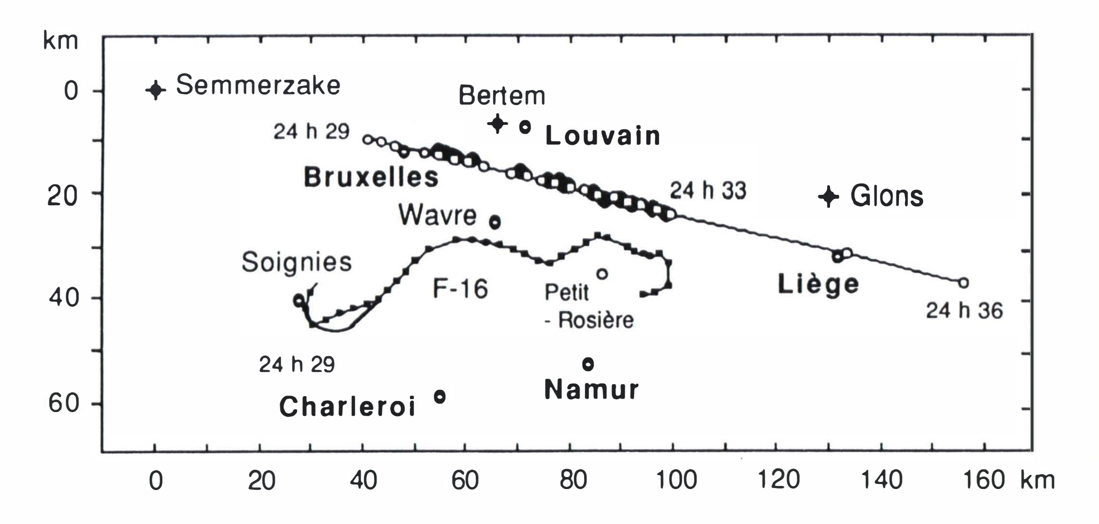


Figure 16: La ligne droite est la trace d'un OVNI, détecté par les deux radars militaires au sol pendant le vol des F-16 au cours de la nuit du 30/31 mars 1990.

La trace inférieure représente une partie de la trajectoire suivie par le premier F-16. Il avait activé son IFF (identification frend or foe) et en principe le radar de Semmerzake ne devait retenir que ses échos, mais les avions de chasse sont petits et très agiles. Dans un tournant, le radar en a perdu la trace et substitué des échos venant du second F-16. Cela explique la différence entre les points enregistrés (I.375) et la courbe continue, représentant la trajectoire du premier F-16 que M. Gilmard a adoptée (II.fig.10.4). La trace rectiligne définie par les cercles ouverts est apparue au même moment à Semmerzake. Les cercles fermés sont les échos que j'ai extraits des listings du radar de Glons. La correspondance spatio-temporelle indique que les deux radars militaires ont détecté le même "objet".

Le premier écho est apparu près de l'autoroute E-40, entre Gent et Bruxelles, à une altitude de 900 m. Il est passé à 2000 m au-dessus de Liège et semble avoir grimpé ensuite très fortement, puisque le dernier écho a été enregistré à 4000 m. La direction suivie est celle d'un survol rectifié de l'autoroute E-40. Les intervalles entre échos successifs montrent déjà que la vitesse de l'objet insolite était supérieure à celle des F-16. Les vitesses indiquées par les deux radars militaires fluctuaient effectivement entre 820 et 1200 km/h. Quand on considère seulement les points extrêmes sur la figure 15 et le temps écoulé, on constate que la composante horizontale de la vitesse moyenne est de 825 km/h pour Semmerzake et de 900 km/h pour Glons. Rappelons que la vitesse des F-16 était comprise entre 650 et 850 km/h, à une altitude d'environ 3000 m.

A cause de la direction et de la grandeur de la vitesse de l'objet détecté par deux radars au sol, on peut affirmer que c'était ni un mirage ni une

masse d'air humide ni un ballon sonde. Il ne peut pas s'agir non plus d'un ULM (ultra light motorized), bien qu'un des sceptiques ait prétendu sans vergogne que toute la vague belge s'explique de cette manière[22]. Pourtant, ce n'est pas un avion, pour une série de raisons. Il n'y avait pas d'identification par transpondeur et les militaires sont formels: il n'y avait pas d'autres avions militaires en l'air à ce moment, or il s'agit d'un objet évoluant rapidement, même au départ à une altitude assez basse. En outre, un avion ne disparaît pas des écrans radars de cette manière. Il est particulièrement remarquable que le radar de l'aéroport civil, situé à Bertem, n'a enregistré *aucun écho* qui pourrait être associé à cet objet. Il passait pourtant tout près. Puisque les intensités varient en $1/d^4$, le signal devait être relativement intense.

Le fait que le radar civil n'a pas détecté cet objet volant non identifié est cependant conforme au fait que je n'ai trouvé aucune traces dans les enregistrements de l'aéroport national que j'aurais pu corréler avec les observations d'OVNI faites à partir du sol. Il se peut que cet objet se présentait d'une manière plus favorable à une détection par les radars militaires, mais ils ont aussi une sensibilité plus grande, parce qu'ils sont équipés d'un *processeur LNA* (low noise amplifier) qui améliore le rapport signal/bruit.

Ceux qui voudraient affirmer que c'était un avion furtif américain, prennent leurs désirs pour la réalité. Cette idée n'est soutenue par aucun fait observé. En outre, elle est techniquement et politiquement insensée. Il suffit de penser aux précautions à prendre en cas d'accident. Des tests au-dessus de la Belgique, tellement peuplée, ne se justifieraient pas et provoqueraient un incident diplomatique s'ils étaient effectués en secret. L'ambassade américaine a d'ailleurs démenti cette rumeur d'une manière explicite (I.126). Il faut se rendre à l'évidence. Il n'y a pas d'explication conventionnelle et je ne crois pas que j'ai des leçons à recevoir des sceptiques, en ce qui concerne le sens critique qu'on doit avoir dans cette matière.

Il convient de signaler que les militaires n'ont pas découvert cette trace, ni pendant ni après l'intervention des F-16. Il en résulte qu'il pourrait y en avoir d'autres qu'on n'a pas remarquées, mais cela ne m'étonne pas tellement. Il faut qu'il y ait des raisons pour examiner une trace ambiguë. Ayant examiné très attentivement plus de 180 heures d'enregistrement du radar civil, j'y ai vu des échos qui apparaissaient brusquement et avançaient comme des avions. Bien que ces traces n'étaient pas accompagnées d'un sigle d'identification, il pouvait s'agir d'avions. Le transpondeur s'est enclenché parfois de manière tardive, en révélant alors qu'il s'agissait d'un avion qui survolait notre pays à une altitude élevée. Puisque les radars militaires mesurent l'altitude, ce n'était pas le cas pour l'objet volant insolite de la figure 16. J'ai cependant trouvé une trace sur les écrans du radar civil qui est manifestement anormale. Elle correspond aux cercles fermés de la figure 17.

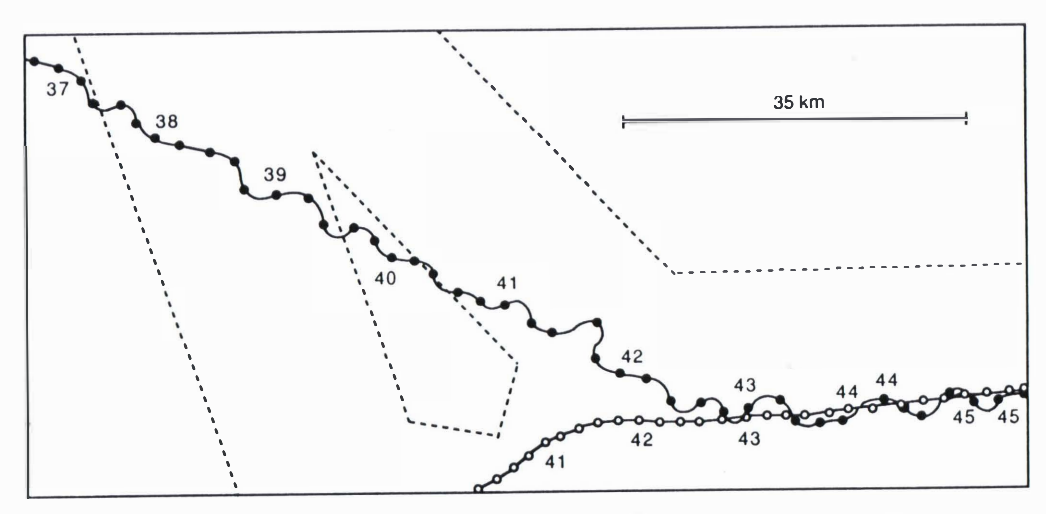


Figure 17: La détection d'un OVNI par le radar civil, le 18 mars 1990.

Le premier écho de cette série est apparu à 20 h 32, le 18 mars 1990, un peu au sud du couloir aérien Bruxelles-Liège, aux environs d'Eghezée. Quand je visionnais l'enregistrement dans la salle des ordinateurs, j'ai remarqué de suite que cet écho se déplaçait assez rapidement, mais il progressait d'abord de manière linéaire. Quand il s'est mis à *zigzaguer,* j'en étais stupéfait, parce que je n'avais jamais rien vu de semblable au cours de plusieurs mois. Ce qui apparaît en réalité sur l'écran, c'est l'écho qui résulte du dernier balayage, suivi de trois échos moins intenses qui figurent les positions du même objet au cours des trois balayages précédents. Cela suffisait pour repérer de suite une "tortillement" tout à fait inhabituel.

La figure 17 présente l'enchaînement des échos enregistrés à partir du moment où ce comportement devenait évident. Les chiffres indiqués correspondent aux minutes après 20 heures. J'ai dessiné une trajectoire passant par les points qui figurent les échos enregistrés, en admettant que la direction du mouvement devait changer de manière continue ou que l'objet devait avoir une certaine inertie. Au début, il y a eu quelques ratés (1,0,1,0,1,1,0,0,1), mais après cela, l'objet a été détecté à chaque tour de l'antenne jusqu'à sa sortie de l'écran. Il se dirigeait vers le sud-est, mais a changé de cap quand il a rejoint un avion, venant du sud-ouest. On a l'impression que l'objet insolite a suivi cet avion.

Puisque le radar civil ne mesure pas les altitudes, il pourrait l'avoir survolé. Cette association dans le couloir aérien de Francfort me semble aussi étonnante que la forme générale de la trajectoire suivie. Les traits interrompus définissent des repères, liés aux voies aériennes. Sachant que l'antenne a effectué 5 tours par minute, on trouve, même si l'on ne tient pas compte des boucles, que la vitesse moyenne de l'objet volant non identifié est d'environ 780 km/h, tandis que celle de l'avion est d'environ 640 km/h. Se comporter de cette manière à une vitesse aussi élevée reste pour moi un singularité que je ne peux pas expliquer. C'est un candidat OVNI, mais les circonstances étaient telles qu'il n'a malheureusement pas été possible de compléter ces données par ceux des radars militaires (II.407).

La surface des OVNI de la vague belge

Il résulte d'un très grand nombre d'observations que les OVNI relèvent d'une technologie que nous ne connaissons pas. Elle est probablement d'origine extraterrestre, mais cela reste une hypothèse à démontrer. Pour ma part, je rassemble des informations sur les aspects physiques du phénomène et je cherche à comprendre le mode de fonctionnement de ces engins. Malgré l'ampleur de cette énigme, je progresse quand même dans cette étude, en combinant les observations avec les lois physiques connues. Certains aspects nous échappent. Nous ne connaissons pas la source d'énergie, par exemple, mais d'autres aspects doivent être liées aux théories physiques connues. Il s'agit en particulier des lois de la mécanique et de l'électromagnétisme.

J'ai consacré le plus de temps à l'analyse des observations d'OVNI classiques, à symétrie axiale. J'ai pensé déjà au début des années 70 que leur système de propulsion pourrait être de type *magnétohydrodynamique.* Cela veut dire que les "soucoupes" ionisent l'air ambiant et exercent des forces sur les particules chargées qui en résultent au moyen de champs électriques et magnétiques adéquats. Ce modèle s'est précisé au fil des ans, parce que j'ai pu rendre compte d'observations très diverses au moyen d'un très petit nombre d'hypothèses. L'essentiel est de s'appuyer uniquement sur des lois physiques connues, mais dont on n'a pas nécessairement exploré toutes les conséquences possibles. Une des questions fondamentales concerne la création du champ électromagnétique requis.

L'analyse de certains faits observés a révélé que c'est un champ de très basse fréquence, extrêmement intense près de la surface de l'OVNI, mais évanescent pour des distances croissantes, à tel point qu'il n'y a même pas de rayonnement. Or, il existe une solution des équations de Maxwell qui a ces propriétés remarquables, mais elle exige que la surface des OVNI classiques devrait être *supraconductice à température ordinaire.* Nous n'avons pas encore découvert des matériaux de ce type, mais on s'en approche et il n'y a pas d'objections de principe qui interdiraient qu'on puisse y parvenir. Il est évident que si cela était vrai, ce serait d'une importance considérable et rien que cela pourrait déjà justifier une étude scientifique du phénomène OVNI.

L'idée de surfaces supraconductrices est parfaitement compatible avec le fait que les OVNI classiques ont été détectés assez souvent par les *radars.* Ce fait est connu depuis longtemps[23,24] et certains cas plus récents le confirment de manière spectaculaire (I.352-355). Mon étude a révélé cependant que *les OVNI de la vague belge étaient très difficilement détectables par les radars.* Cela veut dire, en fait, que la surface de ces OVNI n'est pas électriquement conductrice. Il ne s'agit ni d'un métal ni d'un supraconducteur ! L'étude sur la détection radar des OVNI m'a donc conduite finalement à une information sur une propriété physique importante des OVNI de la vague belge.

Il faut évidemment qu'elle puisse être corrélée avec d'autres informations. or, nous savons que les OVNI de la vague belge étaient différents des OVNI classiques. Ce n'étaient pas des objets à symétrie axiale, mais

des *plates-formes à 3 ou 4 coins, dotées d'énormes "phares".* Ceux-ci projetaient des "faisceaux lumineux" vers le bas. Je ne dis pas que c'étaient des faisceaux de lumière, puisqu'il est parfaitement possible qu'il ne s'agissait pas de lumière émise par les phares. Certains faits que j'expliciterai dans le prochain numéro d'Inforespace indiquent en effet que ces "phares" servent à ioniser l'air. J'ai également des arguments théoriques qui justifient l'idée que ces faisceaux pourraient correspondre à des *ondes de plasma* d'un type très particulier. Pour l'instant, ce n'est qu'une hypothèse de travail, mais elle est justifiée par des lois physiques connues et elle rend compte d'une ionisation de l'air dans tout le volume du faisceau. Les recombinaisons des particules chargées provoquent alors une émission de lumière visible et ces ondes de plasma fournissent *un autre moyen propulsion,* cette fois-ci purement électrique!

S'il n'y avait pas de champ magnétique oscillant, on comprend pourquoi les OVNI de la vague belge n'ont pas produit des "effets électromagnétiques". Bien que les OVNI de la vague belge aient été observés assez souvent à basse altitude au-dessus des autoroutes et des villes, je ne connais pas de cas où les moteurs des voitures se seraient arrêtés et où leurs systèmes électriques auraient été perturbés. Or, il est hautement probable que ces effets sont produits par les disques volants, à cause du champ magnétique oscillant qui les entoure. Si les OVNI de la vague belge n'avaient pas besoin d'un champ magnétique oscillant, *leur surface ne devait pas être supraconductrice.* Elle pouvait être électriquement isolante et dans ce cas, la rétrodiffusion des ondes radar devait être faible, sans être nulle. Cela peut expliquer la figure 16, en même temps que la rareté des détections radar d'OVNI pendant la vague belge, bien que j'y avais consacré beaucoup d'effort et d'attention.

Si la figure 17 décrit la trajectoire d'un OVNI, il pouvait s'agir éventuellement d'un OVNI classique. Ils se déplaçaient parfois comme si la propulsion était pulsée. Kenneth Arnold avait créé en 1947 le terme de "soucoupe volante", en disant[25] que les neuf objets qu'il voyait devenaient périodiquement très brillants et se déplaçaient "comme des bateaux de course sur de l'eau houleuse". Ils se comportaient "comme des soucoupes qu'on lancerait au-dessus de l'eau". Cela est conforme à mon modèle d'une propulsions MHD pulsée, si l'on admet un champ EM dont la fréquence peut être parfois très basse. Il serait utile de vérifier si les OVNI de forme non classique, comme les "boomerangs" dont la présence a été signalée plus souvent au cours des dernières années, sont détectés rarement ou souvent par les radars. Si quelqu'un pouvait rassembler des informations à cet égard, je serais heureux d'en connaître le résultat, quel qu'il soit.

Conclusions

Cela vaut toujours la peine d'effectuer une étude approfondie d'un sujet fondamental qu'on ne comprend pas, même quand il s'agit d'OVNI. Nous avons tous eu l'occasion d'apprendre quelque chose.

On croyait connaître l'effet Doppler et les radars aéroportés, mais il me semble qu'il y avait des aspects auxquels on n'avait pas prêté une attention suffisante. Cela a des conséquences théoriques et pratiques. Il faudrait donc continuer à faire d'autres vérifications avec des radars Doppler à impulsion. Cela pourrait éventuellement conduire à des améliorations.

Ce qui se cache derrière les faits observés n'est pas toujours facile à reconnaître. On peut même se tromper, mais ce qui importe, c'est de rester critique... vis-à-vis de soi-même.

Le phénomène OVNI nous confronte à une technologie inconnue et à des problèmes scientifiques d'importance fondamentale. Il est absurde qu'on ne se décide pas à s'engager résolument dans une étude objective, avec les moyens techniques et conceptuels qui sont déjà à notre disposition.

Je tiens à exprimer mon respect aux autorités civiles et militaires qui ont donné leur accord pour que les données qui sont à la base de cette étude puissent m'être accessibles. L'esprit d'ouverture et d'objectivité dont ils ont fait preuve devrait encourager d'autres pays à en faire autant.

Je remercie le professeur Schweicher et le colonel Salmon de l'Ecole Royale Militaire, ainsi que le professeur Quinet de l'Institut Royal Météorologique pour des discussions que nous avons eues à l'occasion de la rédaction de cet article.

Références

1. SOBEPS: "Vague d'OVNI sur la Belgique. Un dossier exceptionnel", 1991, 502 pages et "Vague d'OVNI sur la Belgique. Une énigme non résolue", 1994, 480 pages. Ces rapports seront désignés par les symboles I et II, suivis de la page.

2. T. Grassington: "F-16 pilot speaks on the record", Interv. UFO Magaz. nov.dec.1996, 26-27.

3. Y. Meelsbergs: "L'ovni tournait autour de nos F-16", VSD hors série. OVNIS les preuves scientifiques, juillet 1998, 24-25.

4. R. Roussel: "OVNI Les vérités cachées de l'enquête officielle", Albin Michel, 1994, p. 249.

5. A. Meessen: "La détection radar" 1991 (I. 351-396). "Observations, analyses et recherches" 1994 (II,387-432).

6. F. Gilmard: "Analyse des observations, le radar F-16 et résultats du modèle", rapport interne (manuscrit et confidentiel) d'une étude effectuée au Centre de Guerre Electronique sous la direction du colonel Salmon, mai 1991.

7. J.P. Petit: "Phénomène de rumeur ou problème scientifique?" Le magazine des parallèles, Incroyable et scientifique, n°9, sept.oct. 64-73.1997.

8. A. Meessen: "Analyse critique des théories cosmologiques de Jean-Pierre Petit", Inforespace, 94, nov. 1996, 25-42.

9. J.P. Triplet & G. Roche: "Météorologie générale", Ecole Natl. de la Météorologie, 3e. 2d. 1986.

10. K.A. Emanuel: "Atmospheric convection". Oxford Univ. Press, 1994.

11. R.B. Stull: "An Introduction to boundary Layer meteorology". Kluwer Acad. Publ. 1988.

12. G.A. Briggs: "Plume rise". U.S. Atomic Energy Commission. 1969.

13. "Factory made rain", Scient. Amer. April 1968, 49-50.

14. Météo-France: "Les prévisions météo de A à Z". Ass. amis du Mont-Aigoual, 1992, 159.

15. M. Vanesse: "Des pilotes belges ravis de se réfugier sous leur Carapace". Le Soir; 29 sept. 1998. Voir aussi l'édition du 27 sept. 1998.

16. E. Schweicher: "Radar Begrippen", VUB, Brussel, 1985, 285 pages.

17. G.W. Stimson: "Introduction to airborne radar", Hughes Aircraft Company. El Segundo. Cal. 621 pages, 1983 (le radar APG-66 du F-16 a été développé en 1980).

18. L.J. Battan: "Clear-Air Echoes" in "Radar observation of the atmosphere" (chap. 10). Univ. Chicago Press, 1973.

19. L.J. Battan: "Pulsed Doppler Radar" in "Radar observation of the atmosphere" (chap. 8). Univ. Chicago Press, 1973.

20. T.G. Konrad: "The convective process in the clear air as seen by radar". 14th. Radar Meteorology Conference, nov. 1970, Tucson, 57-60.

21. J.H. Richter: "Remote radar sensing of atmospheric water vapor fluctuations". in Atmospheric Water Vapor; A. Deeepak, T.D. Wilkerson and L.H. Ruhnke ed. Acad. Preszs. 1980, 405-418.

22. W. Walter: "UFOs Die Wahrheit", Heel, 1996.

23. R.H. Hall: "The UFO Evidence", NICAP, Washington , 1964.

24. J.A. Hynek: "The UFO Experience", Regnery, 1972.

25. R.D. Story: "The Encyclopedia of UFOS", Doubleday, 1980.

La SOBEPS est une association sans but lucratif qui, dégagée de toute option confessionnelle, philosophique, ou politique, a pour dessein l'observation ainsi que l'étude rationnelle des phénomènes aériens non identifiés et des problèmes connexes. Basées sur le bénévolat le plus complet, nos activités couvrent les enquêtes sur les témoignages et la diffusion sans préjugé des informations recueillies. Cette diffusion s'effectue par le truchement d'une revue semestrielle de même que par des conférences, débats, etc. La rédaction de notre revue Inforespace étant essentiellement liée à la bonne volonté de nos collaborateurs bénévoles et de leur temps libre, cette édition ne revêt donc aucun caractère commercial et nous ne pouvons garantir sa parution à dates fixes, d'éventuels retards étant susceptibles d'intervenir.

C'est pourquoi nous sollicitons vivement la collaboration de nos membres que nous invitons à nous communiquer toute information relative aux sujets traités dans la revue. Nous leur demandons aussi de participer à la promotion de notre Société et, dans la mesure de leurs moyens, de devenir un membre actif en collaborant directement à l'un ou l'autre de nos travaux : traduction, rédaction, enquêtes, secrétariat, codage, etc...

D'autre part, si d'aventure vous êtes amenés à observer un phénomène aérien insolite, ou si vous avez connaissance d'une telle observation par autrui, nous vous serions reconnaissants de nous prévenir très rapidement.

SECRETARIAT - BIBLIOTHEQUE

Les locaux de la SOBEPS peuvent être accessibles à nos membres, mais uniquement le samedi, entre 14 h. et 18 h. Il vous sera alors loisible de consulter sur place l'ensemble de notre documentation (livres et revues).

Pour mieux vous accueillir, nous vous demandons de bien vouloir prendre rendez-vous auprès de notre secrétariat. Pour tout renseignement à caractère administratif, veuillez former le **02/521.74.04** (mais uniquement le samedi entre 14 h. et 18 h.). Vous pouvez également nous contacter par fax au 02/520.73.93.

Nous vous rappelons que le 02/524.28.48 est réservé aux témoignages et que la ligne est sur répondeur automatique 24 h. sur 24.

LES DIAPOSITIVES DE LA SOBEPS

Nous avons mis au point pour vous une collection de diapositives entièrement consacrées aux différents aspects du phénomène OVNI. Grâce à cette diathèque exceptionnelle, vous pourrez, si vous le désirez, monter votre propre exposé illustré d'une projection de documents qui captiveront vos amis.

Les 360 diapositives de la collection sont réparties en 30 séries de 12 documents mis sous cache et elles sont glissées dans une pochette plastique à laquelle est jointe une liste de commentaires concernant chaque diapositive. Demandez-nous la liste détaillée décrivant chaque série et les conditions particulièrement intéressantes qui vous sont proposées.Deux séries complémentaires de 12 diapositives chacune ont été consacrées à la vague belge : 750 FB pour les 24 dias (indissociables).

GUIDES DE L'ENQUETEUR ET DE L'OBSERVATEUR

Le **guide de l'enquêteur** est un aide-mémoire reprenant un éventail de 200 questions à aborder lors d'observations d'OVNI. On y explique également comment estimer une altitude ou des dimensions par la technique de la triangulation, comment s'occuper d'éventuelles traces, comment rédiger son rapport et affecter chaque cas d'indices de crédibilité et d'étrangeté.

Le **guide de l'observateur** traite des données astronomiques essentielles sur les étoiles et les planètes, les confusions possibles, les visibilités de la Lune et du Soleil, et permet une introduction solide aux notions d'astronomie nécessaires à tout ufologue.

Les deux documents sont complémentaires et peuvent être acquis **séparément** au prix de **250 FB** par exemplaire (60 FF chacun, ou 350 FB pour les membres étrangers). Les commandes sont à adresser à la SOBEPS et leur réglement se fait en respectant les modalités précisées en page 2 de couverture.